Aus der Chirurgischen Klinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. W. Dick

Oszillographische Untersuchungen über die Veränderung der Gliedmaßendurchblutung bei Bettlägrigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
ROLF RAU
aus Bad Cannstatt

1964

8045

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. W. Dick

Oszillographische Untersuchungen über die Veränderung der Gliedmaßendurchblutung bei Bettlägrigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
ROLF RAU
aus Bad Cannstatt

1964

Dekan: Professor Dr. H. HARMS

1. Referent: Dozent Dr. J. DORTENMANN

2. Referent: Professor Dr. W. DICK

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

INHALTSÜBERSICHT UND GLIEDERUNG

		Seite
I.	EINLEITUNG, PROBLEMATIK, PHYSIOLOGIE, PATHOPHYSIOLOGIE, LITERATURÜBERSICHT	1
II.	PROBLEMSTELLUNG	5
III.	METHODIK UND UNTERSUCHUNGSGANG	
	1. Patientenzahl; Gruppeneinteilung; Zeitpunkt der verschiedenen Messungen	6
	2. Beschreibung des Oszillographen	7
	3. Meßtechnik beim Normaloszillogramm	8
	4. Der "oszillographische Stautest"	10
	5. Meßtechnik beim Stautest	11
	6. Begriffsbestimmungen	12
	7. Rechnerische Auswertung des oszillographischen Index (mit Beispielen)	13
	8. Rechnerische Auswertung der Stautestzahl (mit Beispielen)	16
	9. Ausführliche Erläuterung des Untersuchungsgangs und der Auswertung am Beispiel der Meßergebnisse eines Patienten	19
IV.	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER GRUPPE 1	
	1. Patientengut	24
	2. Untersuchungsergebnisse der oszillographischen Indices	
	a) Beinmessungen	25
	b) Armmessungen	27
	3. Untersuchungsergebnisse der Stautestzahlen	
	a) Beinmessungen	29
	b) Armmessungen	30

Seite

V. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER GRUPPE 2

1. Patientengut 33

2. Untersuchungsergebnisse der oszillographischen Indices
   a) Beinmessungen 34
   b) Armmessungen 36

3. Untersuchungsergebnisse des Stautestes
   a) Beinmessungen 38
   b) Armmessungen 39

VI. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER GRUPPE 3

1. Patientengut 42

2. Untersuchungsergebnisse der oszillographischen Indices
   a) Beinmessungen 43
   b) Armmessungen 45

3. Untersuchungsergebnisse des Stautestes
   a) Beinmessungen 47
   b) Armmessungen 48

VII. ZUSAMMENSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE ALLER GRUPPEN

   a) Ergebnisse der oszillogr. Indices 51
   b) Ergebnisse der Stautestzahlen 53

VIII. KRITISCHE BESPRECHUNG UND AUSLEGUNG SÄMTLICHER OSZILLOGRAPHISCHER ERGEBNISSE

1. Ergebnisse der oszillographischen Indices 58

2. Ergebnisse des Stautestes 63
   (genaue Gliederung beim entsprechenden Kapitel Seite 57)

IX. WEITERE UNTERSUCHUNGEN

1. Medikamentöse Beeinflussung der oszillo-

Seite

graphischen Ergebnisse durch Antikoagulantien 67

2. Ausmaß des Muskelschwundes während der Ruhigstellung 68

X. ZUSAMMENFASSUNG 74

Klinische Nutzanwendung 77

XI. LITERATURVERZEICHNIS 79

Die Arbeit enthält:

32 Abbildungen
31 Tabellen
4 Schemata

I. EINLEITUNG

Problematik, Physiologie, Pathophysiologie und Literaturübersicht

Im Jahre 1846 machte VIRCHOW (40) für das Entstehen einer intravasalen Thrombenbildung folgende Faktoren verantwortlich:

1. Schädigungen des Gefäßendothels (16, 18, 19),
2. Änderungen der Gerinnungsfähigkeit des Blutes (24, 29, 30) und
3. Verlangsamung der Blutströmung (2, 22, 17, 37, 38, 42).

Da für den Kliniker von jeher die Pathogenese der Thrombembolie von großer Wichtigkeit war, wurde seither die Bedeutung jeder der drei Causalfaktoren in vielen Arbeiten untersucht.

Von manchen Autoren wird eine einzelne Komponente besonders in den Vordergrund gerückt. So hält beispielsweise REHN (29, 30) die Änderung der Gerinnung für die Entstehung einer Thrombose für entscheidend.

Nach heute fast allgemein anerkannter Auffassung spielt die Strömungsverlangsamung zwar allein keine entscheidende Rolle, im Zusammenspiel mit den anderen Faktoren kommt ihr jedoch große Bedeutung zu.

Es hat sich gezeigt, daß das Zusammenwirken aller drei Komponenten bei der Entstehung einer Thrombose beachtet werden muß, und daß es nicht angeht, die Bedeutung einer einzelnen zu überwerten oder gar als Alleinursache anzusehen, mag auch von Fall zu Fall ein einzelner Faktor mehr hervortreten. Erst das Zusammenspiel aller drei Punkte im Verein mit dem vegetativen Nervensystem, konstitutionellen Gegebenheiten und äußeren Einwirkungen verursacht eine Thrombenbildung. Man sollte sich dessen immer bewußt sein, wenn man die VIRCHOWsche Trias zerlegt und einen Causalfaktor für sich allein untersucht.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Veränderung der Blutströmung in den Gliedmaßen. Seit langem ist bekannt, daß ein arbeitendes Organ vermehrt durchblutet wird; umgekehrt wird in der Ruhe die Durchblutung gedrosselt. Die Größe der Durchströmung richtet sich somit nach funktionellen Erfordernissen.

REIN (34, 35) hat experimentell bewiesen, daß der arbeitende Muskel stärker durchblutet wird; gleichzeitig findet in ruhenden Muskeln eine Minderdurchblutung statt. W. R. HESS (14) bezeichnet diese Blutverschiebung von ruhenden in tätige Organe als "kolaterale Vasokonstriktion". Die Größe der Durchströmung ist proportional der augenblicklichen Arbeitsleistung.

Bis heute kann noch nichts Endgültiges darüber ausgesagt werden, auf welchem Weg es bei vermehrter Leistung zu einer Erweiterung der Arterien und Arteriolen kommt. W. R. HESS spricht von einem Nutritionsreflex, der durch Abbauprodukte des Zellstoffwechsels ausgelöst werden soll. REIN schlägt hierfür die Bezeichnung Axonreflex vor.

Auf die verschiedenen Arbeitshypothesen soll hier nicht eingegangen werden.

Erstreckt sich die Minderdurchblutung des ruhenden Organs über einen längeren Zeitraum, so kommt es zu einer Inaktivitätsatrophie (nutritive Atrophie nach LETTERER (20)).

Dem Kliniker und Pathologen ist dies gut bekannt; erwähnt sei als Beispiel die Muskelatrophie einer Extremität nach Ruhigstellung im Gipsverband. Aus der experimentellen Physiologie weiß man weiterhin, daß die verminderte Durchströmung einer ruhiggestellten Extremität eine Blutstromverlangsamung mit sich bringt.

Verschiedene Autoren haben sich mit der Untersuchung von Änderungen der Zirkulationsgeschwindigkeit bei Bettruhe nach Operationen beschäftigt. So konnten SMITH, ALLEN und CRAIG (38) zeigen, daß bei der Mehrzahl der untersuchten Operierten im Verlauf der ersten Woche eine Verlangsamung der Blutströmung auf etwa 50 % der ursprünglichen Werte erfolgt. Interessant ist dabei das Auftreten der Verlangsamung vor allem in den unteren Extremitäten, bei weitgehend unveränderten Kreislaufverhältnissen in den oberen Gliedmaßen.

FRIMAN-DAHL (7), WRIGHT, OSBORN und EDMONDS (42) kamen bei ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie wiesen außerdem nach, daß die veränderten Zirkulationsverhältnisse auch bei Bettruhe allein auftraten, nicht nur nach Operationen.

An dieser Stelle sei auch auf die Untersuchungen von SARTORI (36) hingewiesen. Mit Hilfe des Äther-Decholin-Testes wurde die Auswirkung längerer Bettruhe auf die Zirkulationsgeschwindigkeit und die Gerinnungstendenz des Blutes in den Venen der unteren Extremitäten erforscht. Dabei war eine deutlich verminderte venöse Rückflußgeschwindigkeit nach achttägiger Bettruhe feststellbar, bei gleichzeitiger Beschleunigung der Blutgerinnung.

STROMBECK (39) erhielt bei Arbeiten mit radioaktiven Ionen entsprechende Ergebnisse.

Für die Thrombosebereitschaft bedeutet die Ruhigstellung durch Bettlägrigkeit demnach eine wesentliche Begünstigung (23).

Die Anpassung der Durchblutungsgröße an die jeweilige Arbeitsleistung wird durch Änderung des Herzminutenvolumens - und wie schon erwähnt - durch Enger- oder Weiterstellen der zuführenden Gefäße gewährleistet. Sieht man einmal von der Herzleistung ab, so muß, soll es nicht zu Regulationsstörungen kommen, die Kaliberänderung der Gefäße einwandfrei funktionieren.

Beim Gesunden bedeutet der Alltag mit seiner durch ständigen Wechsel von Bewegung und Ruhe bedingten Änderung der Gefäßweite ein dauerndes Training der Blutgefäße. So bleibt, im Verein mit der übrigen Kreislaufregulation ein harmonisches Zusammenspiel der Weitenänderung der Gefäße, sowohl auf arteriellem, als auch auf venösem Sektor gewährleistet. Werden durch Ruhigstellung der Gliedmaßen diese physiologischen Reize für die peripheren Gefäße unterbunden, so kommt es nach einiger Zeit zu einem Nachlassen des Gefäßreaktionsvermögens und damit zu funktionellen Durchblutungsstörungen.

Auf venösem Gebiet kommt es nach längerer Bettruhe zu einem Tonusverlust der Gefäße; gleichzeitig ist eine Erhöhung der Wandpermiabilität vorhanden. Die Folgen dieser funktionellen Störung sind Ödeme (21) und eine Neigung zum Auftreten von Thromben (23).

Als beste Prophylaxe gilt von altersher das Frühaufstehen; es kommt dann nicht zur Blutstromverlangsamung und zum Verlust der Anpassungsfähigkeit an die statischen Verhältnisse. Wo Frühaufstehen nicht möglich ist, kann versucht werden, den Tonus der Gefäßwände durch Wickelung der Extremitäten zu unterstützen ("mechanische Gefäßstütze"). Oder man beeinflußt den Gefäßtonus und die Permeabilität medikamentös, beispielsweise mit Vitamin B_1-haltigem Roßkastanienextrakt (37).

Auf arteriellem Sektor kommt es bei längerdauernder Bettruhe ebenfalls zu funktionellen Störungen. Durch die Ruhigstellung mit der Minderdurchblutung und der Blutstromverlangsamung entfällt der physiologische Reiz zur Erweiterung der Arterien und der Arteriolen im Bereich der Gliedmaßen. Reagierten die Gefäße früher auf den Nutritionsreiz sofort mit einer Weiterstellung (=reaktive Hyperaemie), so wird dieses Reaktionsvermögen jetzt mit längerer Dauer der Bettruhe in zunehmendem Maße eingeschränkt.

Das sichbare Substrat der Inaktivität ist an den Extremitäten eine verschieden stark ausgeprägte Atrophie (Inaktivitätsatrophie), deren formale Genese in der verminderten Durchblutung zu suchen ist (3, 20).

Die eigenen Untersuchungen gingen davon aus, die oben geschilderten Veränderungen auf arteriellem Sektor bei längerer Ruhigstellung oszillographisch zu erfassen und auszuwerten.

Bereits im 1953 hat DORTENMANN (5) oszillographische Messungen nach Gaben von gefäßtonisierenden Medikamenten während Bettruhe vorgenommen. Es wurde untersucht, in welchem Maße sich die Durchblutung und das Gefäßreaktionsvermögen medikamentös beeinflussen ließen.

Ähnliche Untersuchungen wurden auch von E. GREWE (8), C.O. NETZER (25) und H. NIETH, E. ZEH und W. JENSBACH (28) durchgeführt.

Im Gegensatz dazu befassen sich die vorliegenden Messungen mit dem Ausmaß der Minderdurchblutung und den Veränderungen der reaktiven Hyperaemie bei Gefäßgesunden, wie sie bei Bettruhebedingungen gewissermaßen physiologischerweise auftreten.

Um die Ergebnisse nicht zu verfälschen, wurde bewußt auf die Heranziehung von Patienten mit organischen Gefäßveränderungen verzichtet, soweit diese klinisch oder oszillographisch nachweisbar waren. Desgleichen wurden Patienten mit Oedemen von der Untersuchung ausgeschlossen, um dadurch bedingte Fehlermöglichkeiten bei der oszillographischen Messung auszuschließen (1, 6, 30).

II. PROBLEMSTELLUNG

Zunächst seien die zu untersuchenden Fragen klar herausgestellt:

1. Kommt es bei Ruhigstellung (Bettruhe) zu einer oszillographisch meßbaren Minderdurchblutung der Extremitäten und wie groß ist diese beim gefäßgesunden Menschen?

2. In welchem Maß leidet das oszillographisch erfaßbare Reaktionsvermögen der arteriellen Gefäße bei dieser Ruhigstellung?

3. Daneben wurde noch untersucht, ob es bei Gaben von Antikoagulantien zu einer oszillographisch nachweisbaren Veränderungen der Durchblutungsverhältnisse der Gliedmaßen kommt.

4. Eine weitere Untersuchungsreihe befaßt sich mit der Größe einer gleichzeitig auftretenden Umfangsminderung der Extremitäten (Inaktivitätsatrophie) und mit der Frage, ob es möglich ist, oszillographische Veränderungen schon vor dem Auftreten einer meßbaren Atrophie zu erfassen.

III. METHODIK UND UNTERSUCHUNGSGANG

1. Oszillographisch untersucht wurden 106 Personen, die wegen chirurgischer Erkrankungen über 14 Tage Bettruhe einhalten mußten (von insgesamt 128 Personen wurden 22 wegen oszillographisch nachweisbarer Durchblutungsstörungen oder wegen Oedemen zurückgestellt, um ein unverfälschtes Bild einer ruhebedingten funktionellen Durchblutungsstörung beim Gefäßgesunden zu erhalten).

Eine Unterteilung in drei Altersgruppen erschien zweckmäßig, um gleichzeitig altersbedingte Unterschiede beobachten zu können.

In der ersten Gruppe wurden Patienten vom 15. bis zum 35. Lebensjahr, in der zweiten vom 35. bis zum 55. Lebensjahr und in der dritten Patienten vom 55. Lebensjahr aufwärts aufgenommen.

Die Abbildung 1 vermittelt eine Übersicht der zahlenmäßigen Stärke der einzelnen Gruppen (G_1, G_2, G_3).

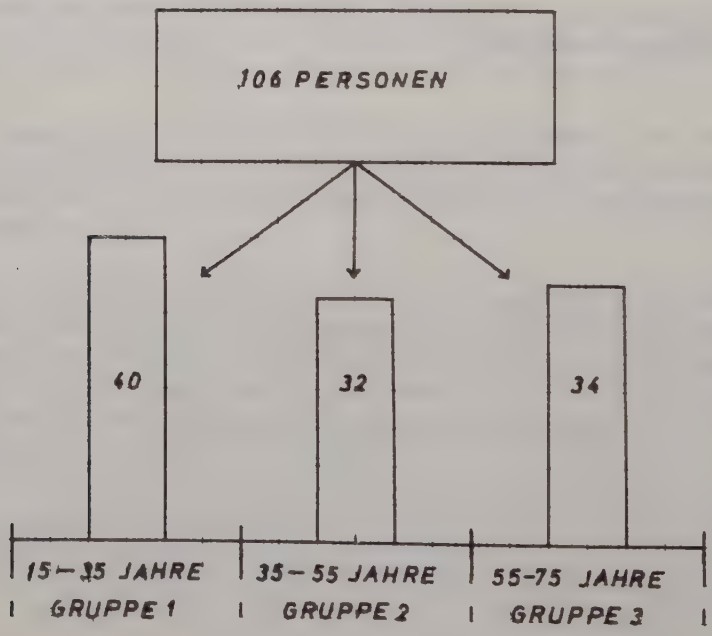
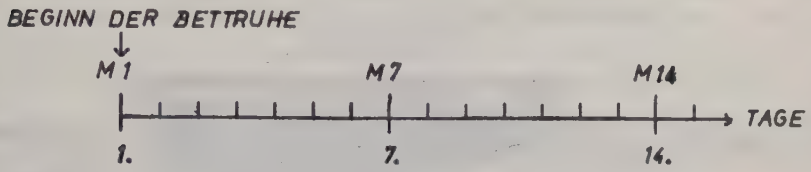


Abb. 1

Bei jedem Patienten wurde am ersten Krankheitstag eine Pulswellenschreibung durchgeführt. Das Ergebnis dieser ersten Messung (M_1) wurde als Ausgangs- und Vergleichswert benützt und mit den Ergebnissen von weiteren oszillographischen Untersuchungen verglichen, die unter gleichen Bedingungen jeweils am 7. und am 14. Tag (M_7, M_{14}) der Bettruhe stattfanden.

Das Schema 1 bringt die verschiedenen Zeitpunkte der Messungen in übersichtlicher Weise zur Darstellung.



M1, M7, M14 = ZEITPUNKTE DER EINZELNEN MESSUNGEN

Schema 1

Um den Einfluß des Alters auf die Größe der ruhebedingten Durchblutungsänderung zu erfassen, wurden sämtliche Ergebnisse für die einzelnen Gruppen getrennt ausgewertet und zusammengefaßt.

2. Die Oszillographie als klinische Untersuchungsmethode ist schon seit langer Zeit bekannt. Sie wurde von v. RECKLINGHAUSEN (33) als "oszillatorische Blutdruckmessung" eingeführt. In den letzten Jahren fand die Oszillographie größere Verbreitung durch den Oszillographen nach GESENIUS und KELLER (13).

Bei diesem Gerät werden nach dem Prinzip der Mareyschen Kapsel pneumatische Manschettendruckschwankungen in Hebelausschläge umgesetzt und auf einen Papierstreifen aufgezeichnet, der mit konstanter Geschwindigkeit bewegt wird. Die Vorteile dieses Apparates liegen also darin, daß im Extremitätenbereich peripherwärts verlaufende Pulswellen an korrespondierenden Punkten beider Gliedmaßen gleichzeitig gemessen und mittels Schreibpelotten aufgezeichnet werden.

Auf diese Weise erfaßt die Oszillographie die Größe der in den Arterien peripherwärts verlaufenden Pulswelle und gibt damit ein objektives Bild der Durchblutungsgröße (12, 13, 4).

Die Abbildung 2 zeigt den Oszillographen nach GESENIUS und KELLER. Sie findet sich in RATSCHOW (31), "Die peripheren Durchblutungsstörungen" und im Prospekt der Herstellerfirma BOSCH und SPEIDEL.

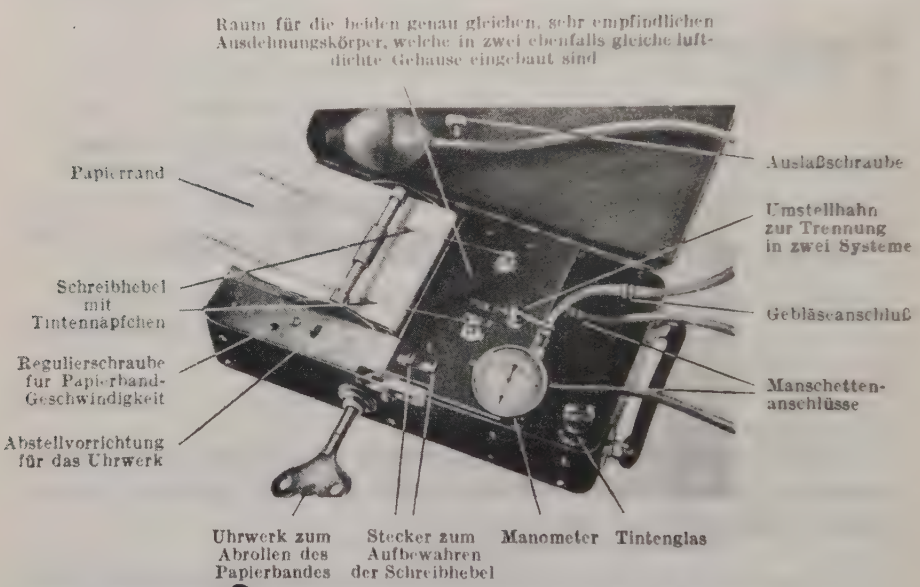


Abb. 2 Oszillograph nach Gesenius und Keller

3. Meßtechnik beim Normaloszillogramm

Die Manschetten werden beim ruhig liegenden Patienten an korrespondierenden Stellen der Gliedmaßen angelegt. Messungen erfolgen am günstigsten an den Waden und an den Oberarmen (Die übrigen Standardableitungen können in diesem Zusammenhang übergangen werden). Es ist darauf zu achten, daß der Abstand Manschette Kniescheibe, bzw. Manschette Ellbogengelenk bei den verschiedenen Messungen gleich ist (13, 27). Die Manschetten sollen satt anliegen (13, 15).

Die ersten 6 bis 8 Ausschläge werden bei einem Staudruck von 290 mm Hg aufgezeichnet; danach werden nach jeweiliger stufenweiser Druckminderung von 20 mm Hg erneut 6 bis 8 Ausschläge aufgenommen bis zur untersten Druckstufe

von 10 mm Hg. Auf diese Weise erhält man das Normaloszillogramm der betreffenden Extremitäten, das in der Abbildung 3 ausschnittsweise wiedergegeben ist.

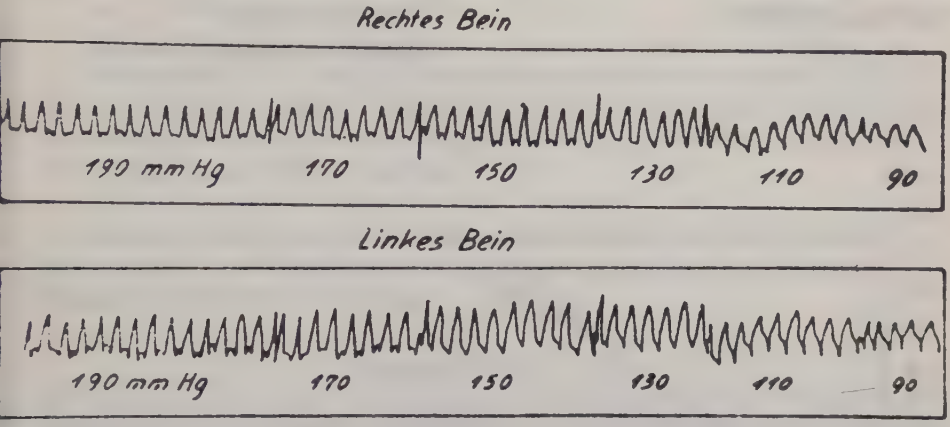


Abb. 3

Graphische Auswertung des Normaloszillogramms

Zur genauen Auswertung ist es angebracht, die Höhe der bei den einzelnen Staudrucken registrierten Ausschläge in Millimeterwerten auszumessen und in ein Koordinatensystem einzutragen, das als Abszisse den Staudruck, als Ordinate die Millimeterhöhe der Pulswelle besitzt.

Die Abbildung 4 zeigt die graphische Auswertung eines Oszillogramms.

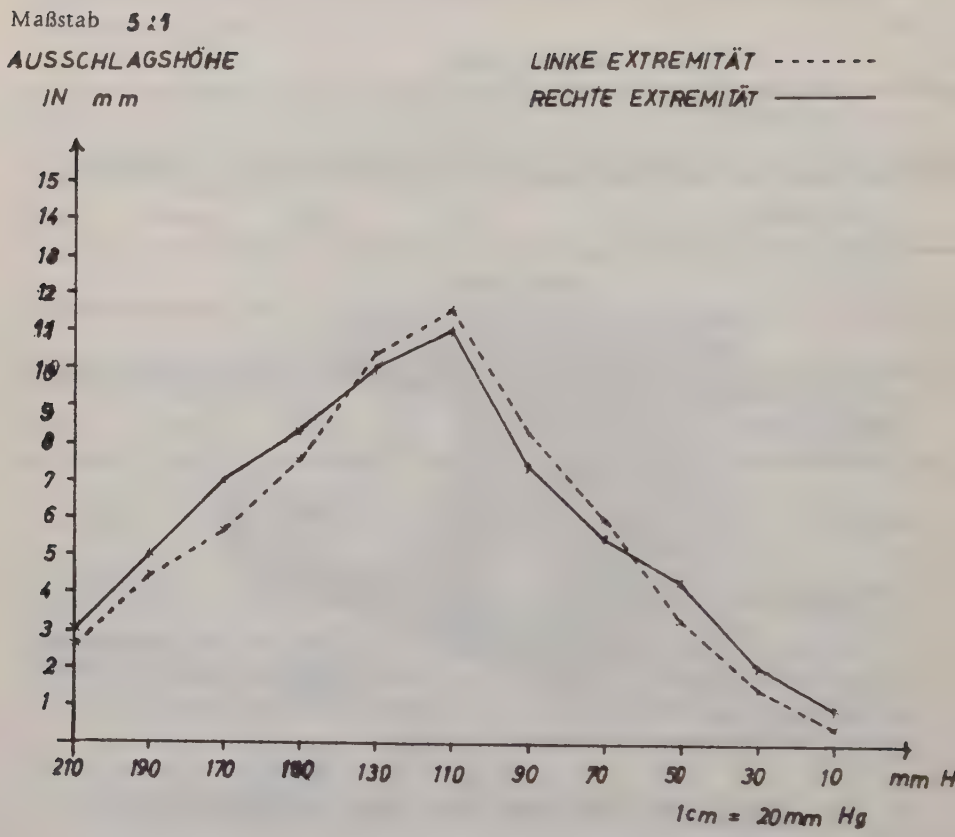


Abb. 4

4. Der "oszillographische Stautest" nach DORTENMANN (4)

DORTENMANN entwickelte den "oszillographischen Stautest" zur Untersuchung der reaktiven Hyperaemie. Die physiologischerweise auf verschiedenartige Reize (chemischer, mechanischer oder thermischer Art) (1, 26, 34, 9, 10, 11, 41) hin auftretende reaktive Hyperaemie ist im wesentlichen vom Zustand der Endstrombahngefäße, aber auch vom Reaktionsvermögen der mittleren und größeren Gefäße abhängig (4).

Mit dem Stautest kann die Größe der Hyperaemie, die auf den Stauüber-

druck der normalen oszillographischen Messung sofort reaktiv einsetzt, registriert werden. Er gestattet eine objektive, zahlenmäßge Erfassung des Gefäßreaktionsvermögens im Bereich der Extremitäten (24).

5. Meßtechnik beim "oszillographischen Stautest"

Im Anschluß an die Abnahme des Normaloszillogramms wird nach einer Pause von einer Minute, während welcher der Patient völlig ruhig liegen bleibt, rasch wieder aufgestaut bis zur maximalen Druckhöhe von 290 mm Hg, und der oben beschriebene Meßvorgang wiederholt.

Die Abbildung 5 gibt das so erhaltene Stautestoszillogramm ausschnittsweise wieder. Dabei finden sich unter a) die Ausschläge des Normaloszillogramms, unter b) die des Stautestes.

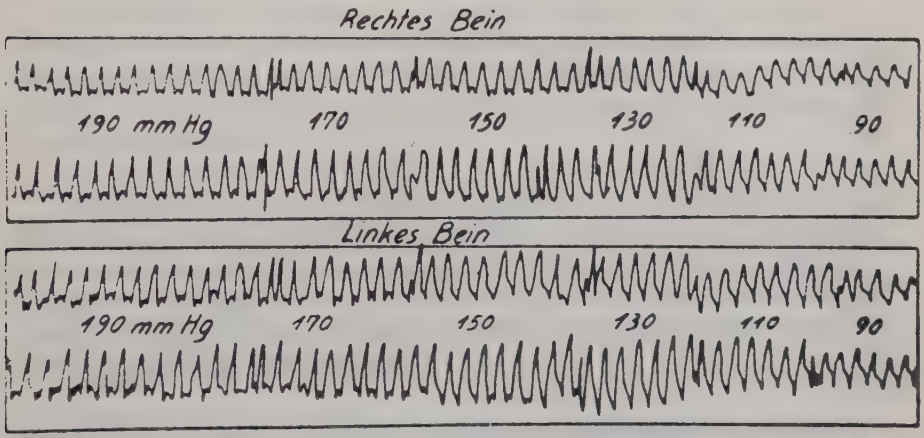


Abb. 5

Graphische Auswertung des Stautestes

Schon auf den ersten Blick läßt beim Gefäßgesunden die Zweitmessung (Stautest) eine deutliche Erhöhung der Oszillationen gegenüber der Erstmessung (Normaloszillogramm) erkennen. Trägt man die Werte in ein gemeinsames Schaubild ein, so werden die Unterschiede noch deutlicher. Die Werte werden in gleicher Weise wie beim Normaloszillogramm in das Koordinatensystem eingetragen. Die Abbildung 6 zeigt die Stautestwerte zum Normaloszillogramm der Abbildung 4. Beide Werte sind gemeinsam eingetragen; aus Gründen der besseren Übersicht wurden nur die Ergebnisse der einen Extremität in das Dia-

gramm eingezeichnet (Normaloszillogramm ausgezogen, Stautestoszillogramm gestrichelt).

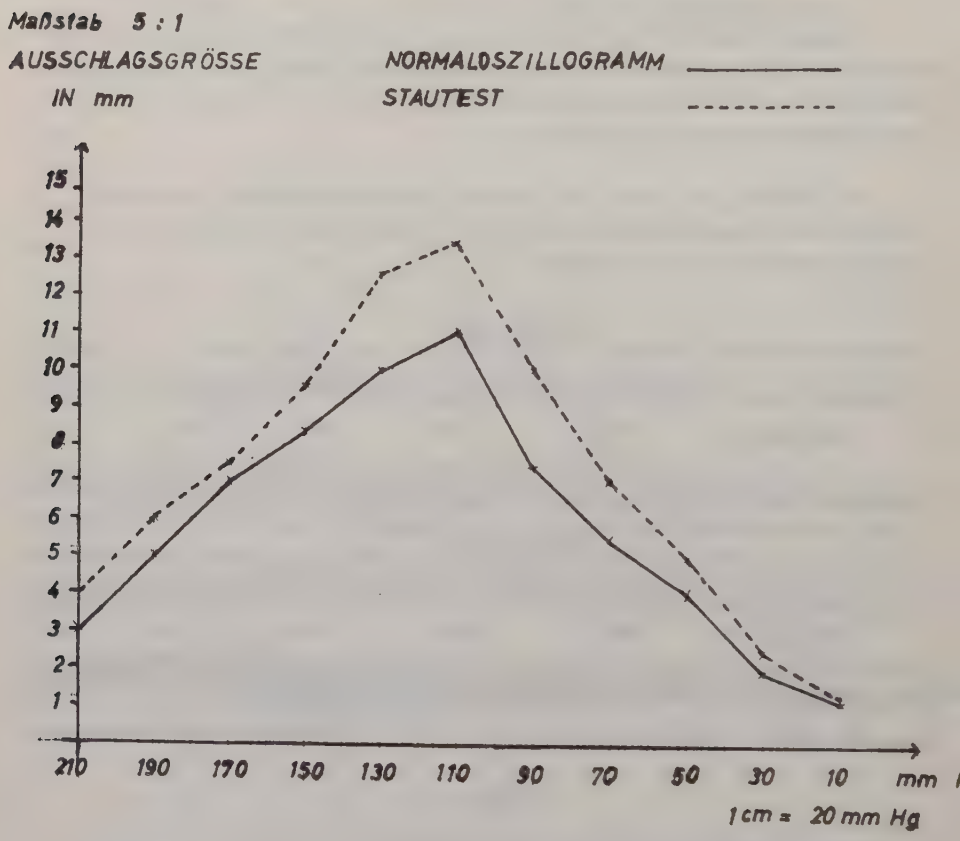


Abb. 6

6. Begriffsbestimmungen

Zum besseren Verständnis müssen hier noch einige meßtechnische Begriffe erläutert werden:

Unter dem oszillographischen Index (o.I.) (1, 12, 29) versteht

man die bei der Einzelperson gemessene maximale Pulswellengröße. In dem Beispiel der Abbildung 4 beträgt dieser 11 (mm).

Als Stautestzahl (St.) (4,24) wird der sicht- und meßbare Unterschied der maximalen Ausschlagsgröße zwischen Erstmessung und unmittelbar anschließender Zweitmessung bezeichnet. Im Beispiel der Abbildung 6 beträgt die Stautestzahl 2,5 (mm), als größenmäßig faßbarer Ausdruck, der durch den Staureiz ausgelösten reaktiven Hyperaemie.

An Hand der Höhe des oszillographischen Index und der Stautestzahl vermag der Geübte, bei empirischer Kenntnis der Durchschnittswerte beim Gefäßgesunden derselben Altersstufe, eine Gefäßregulationsstörung organischer oder funktioneller Genese zu erkennen.

Soll dagegen eine Abnahme der Durchblutungsgröße durch Vergleich mehrerer Messungen, die zu verschiedenen Zeitpunkten gemacht wurden, nachgewiesen oder das Ergebnis der Messungen verschiedener Patienten miteinander verglichen werden, so sind diese absoluten Zahlen ungeeignet.(Begründung und Beispiel nachstehend).

Es galt daher für diese Untersuchungen eine neue rechnerische Auswertung des oszillographischen Index und der Stautestzahl auszuarbeiten, die es gestattet, sowohl die verschiedenen Ergebnisse der drei Messungen beim einzelnen Patienten miteinander zu vergleichen, als auch die Ergebnisse sämtlicher Patienten einer Altersgruppe zusammenzufassen, zur Gegenüberstellung der Resultate der verschiedenen Gruppen.

7. Rechnerische Auswertung des oszillographischen Index

Da untersucht werden soll, in welchem Maße sich die Durchblutungsverhältnisse der Extremitäten bei Ruhigstellung verändern, sind die Ergebnisse der ersten Messung (zu Beginn der Bettruhe = M_1) als Ausgangswert zu betrachten. Die zu einem späteren Zeitpunkt erfolgten Messungen werden mit diesen Ausgangswerten verglichen.

Würde man die absoluten Zahlenwerte der oszillographischen Indices verwenden, um die Änderungen der Ausschlagsgröße gegenüber dem Ausgangswert auszudrücken, so müßte dies bei der Gegenüberstellung und der Zusammenfassung der Meßwerte von verschiedenen Personen zu falschen Ergebnissen führen.

Beispiel:

Bei drei verschiedenen Untersuchungspersonen (P_1, P_2, P_3) wird zu Beginn der Bettruhe (M_1) der oszillographische Index bestimmt; desgleichen nach Verlauf von sieben Tagen (M_7). Die verschiedenen Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle aufgezeichnet:

		M_1	M_7
o.I. (in mm)	P_1	16	12
	P_2	12	8
	P_3	8	4

Bei P_1 ging der oszillatorische Index innerhalb einer Woche von 16 (mm) auf 12 (mm) zurück, bei P_2 von 12 (mm) auf 8 (mm) und bei P_3 von 8 (mm) auf 4 (mm).

Der Rückgang der oszillatorischen Indices beträgt, wenn man zur Angabe der Differenz zwischen M_1 und M_7 absolute Zahlenwerte benützt, bei sämtlichen Personen 4 (mm). Bei Verwendung der absoluten Zahlenwerte würde hier der Eindruck entstehen, als sei bei allen drei Personen der oszillographische Index bei der Ruhigstellung in gleichem Maße abgesunken. In Wirklichkeit beträgt die Abnahme des oszillographischen Index bei P_1 bei der Messung nach einer Woche (M_7) genau ein Viertel gegenüber dem Ausgangs- und Vergleichswert zu Beginn der Bettruhe (M_1). Bei P_2 - wo die Differenz der maximalen Ausschlagsgrößen bei Verwendung absoluter Zahlenwerte ebenfalls 4 (mm) betrug, ging der oszillographische Index gegenüber dem Ausgangswert jedoch um ein Drittel zurück. Bei P_3 beträgt der Unterschied zur Erstmessung sogar die Hälfte.

Aus diesen Überlegungen erweist sich die Verwendung absoluter Zahlenwerte als ungeeignet, wenn eine Abnahme der Durchblutungsgröße durch Vergleich mehrerer Messungen, die zu verschiedenen Zeitpunkten gemacht wurden, nachgewiesen oder das Ergebnis der Messungen verschiedener Patienten miteinander verglichen werden soll.

Dagegen zeigte es sich zweckmäßig, die Zahlenwerte der verschiedenen Oszillogramme des einzelnen Patienten in prozentuale Beziehungen zu dem jeweiligen Ausgangswert von M_1 zu setzen.

Bei der Untersuchung der ruhebedingten Minderdurchblutung wurde so vorgegangen, daß der oszillographische Index der Erstmessung (M_1), der als Ausgangs-

und Vergleichswert anzusehen ist, mit 100 % festgelegt wurde. Die Größe der oszillographischen Indices der zweiten und dritten Messung (M_7 und M_{14}, jeweils am 7. und 14. Tag) wurden mit dem oszillographischen Index der ersten Messung verglichen und die Abnahme der Ausschlagsgröße gegenüber dem oszillographischen Index von M_1 in Prozenten ausgedrückt.

So erhielt man die prozentuale Abnahme der oszillographischen Indices gegenüber der ersten Messung zu Beginn der Bettruhe, als zahlenmäßig erfaßbaren Ausdruck einer ruhebedingten Minderdurchblutung.

Beispiel:

Bei der Untersuchung der oszillographischen Indices finden sich bei einem Patienten folgende Werte:

	o.I.
1. Tag (= M_1)	16 (mm)
7. Tag (= M_7)	12 (mm)
14. Tag (= M_{14})	10 (mm)

Setzt man nach der oben beschriebenen Umrechnungsmethode die Zahlenwerte der verschiedenen Oszillogramme (M_7, M_{14}) in prozentuale Beziehung zu dem Ausgangs- und Vergleichswert von M_1, so erhält man den Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber der Anfangsuntersuchung in Prozenten.

So ergibt sich bei dem angeführten Beispiel nach 7 Tagen (M_7) ein Rückgang des oszillographischen Index um 25 %; nach 14 Tagen (M_{14}) ist er gegenüber der Anfangsuntersuchung (M_1) um 38,5 % abgesunken.

Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse dieser rechnerischen Auswertung nochmals in einer Tabelle aufgezeichnet:

	M_1	M_7	M_{14}
Rückgang der o.I. (gegenüber d. Ausgangswert von M_1) in Prozenten	Ausgangs- und Vergleichswert ($\triangleq$ 100 %)	↓ 25 %	↓ 38,5 %

In Abbildung 7 sind die in der Tabelle aufgezeigten Verhältnisse graphisch zur Darstellung gebracht.

Erklärung zu Abbildung 7: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate der Rückgang der oszillographischen Indices in Prozenten, wie er sich beim Vergleich mit der Ausgangsmessung zu Beginn der Bettruhe ergibt.

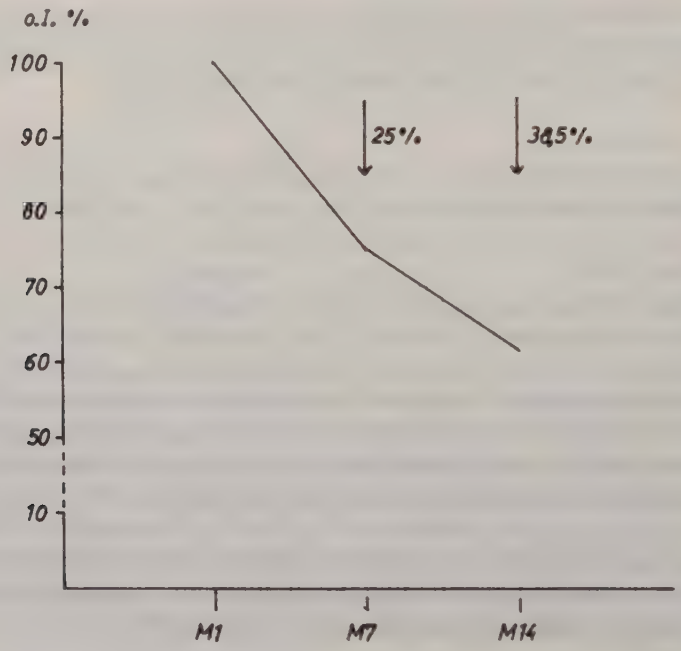


Abb. 7

Durch Vergleich der Normaloszillogramme bei den verschiedenen Untersuchungen am 1., 7. und 14. Tag (M_1, M_7 und M_{14}) läßt sich so die oszillographisch meßbare Minderdurchblutung der Extremitäten infolge Ruhigstellung ermitteln.

8. Rechnerische Auswertung der Meßergebnisse des oszillographischen Stautestes

Für die Auswertung des Stautestes wurde ebenfalls ein neuer Weg beschritten. Wie schon erwähnt ist die Stautestzahl (St.) der sichtbare Ausdruck der auf Staureiz hin erfolgten reaktiven Hyperaemie; sie ergibt sich aus der Differenz der maximalen Ausschlagsgröße zwischen Normaloszillogramm und Stautest.

Für die Beurteilung des Gefäßreaktionsvermögens ist immer die Größe der auf Staureiz hin erfolgten reaktiven Hyperaemie im Vergleich zur Größe des bei derselben Messung unmittelbar zuvor ermittelten (=zugehörigen) oszillographischen Index entscheidend.

Bei der rechnerischen Auswertung drückt man das Verhältnis zwischen Stautestzahl und zugehörigem oszillographischen Index in Prozenten aus. Man erhält so die Größe der oszillographisch meßbaren Mehrdurchblutung (St.) gegenüber der normalen Ruhedurchblutung (zugehöriger o.I.) der betreffenden Extremität in Prozenten. Die prozentuale Größe der Oszillationserhöhung ist immer in Bezug zum zugehörigen oszillographischen Index zu verstehen.

Beispiele:

Bei einer Messung ergibt sich für die Stautestzahl der Wert 3 (mm); für den zugehörigen oszillographischen Index der Wert 12 (mm). Verfährt man bei der rechnerischen Auswertung wie oben beschrieben, so erhält man als Zeichen der reaktiven Hyperaemie eine Oszillationserhöhung von 25 % gegenüber dem beim zugehörigen Normaloszillogramm ermittelten Wert.

Bei einem anderen Patienten erhält man für die Stautestzahl ebenfalls einen Wert von 3 (mm). Der zugehörige oszillographische Index beträgt hier aber 9 (mm). Nach der Umrechnung ergibt sich in diesem Beispiel eine Ausschlagserhöhung von 33,3 % gegenüber dem zugehörigen oszillographischen Index.

Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse der rechnerischen Auswertung bei beiden Beispielen in eine Tabelle eingetragen.

		St. (in %)	St.	o.I.
P_1	Ausschlagserhöhung im Vergleich zum zugehörigen o.I. in Prozenten ausgedrückt.	↗ 25 %	3 (mm)	12 (mm)
P_2		↗ 33 %	3 (mm)	9 (mm)

Die Abbildung 8 bringt diese Verhältnisse noch graphisch zur Darstellung.

Erklärung zu Abbildung 8: Es wurde von P_1 und P_2 jeweils das größenmäßige Verhältnis von Stautestzahl und zugehörigem oszillographischen Index aufgezeichnet.

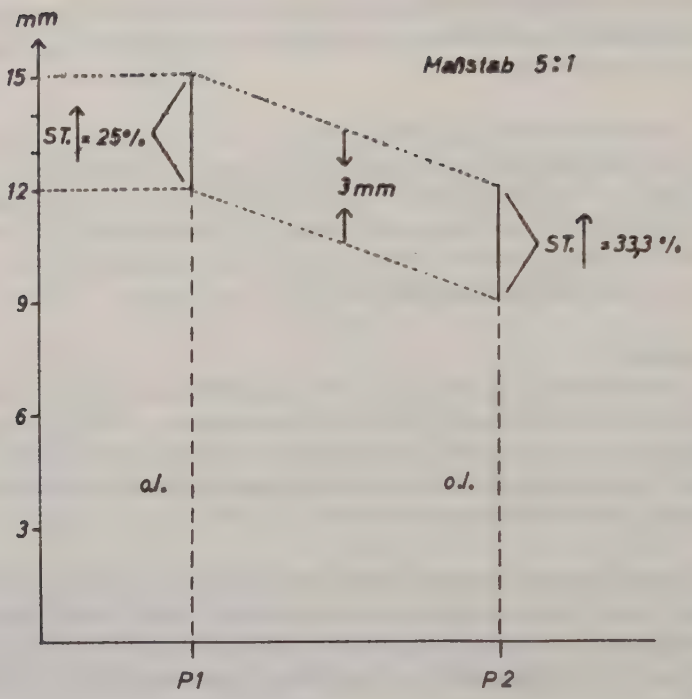


Abb. 8

Es zeigt sich deutlich, daß im zweiten Beispiel (P_2) trotz gleicher absoluter Zahlenwerte von St. die Oszillationserhöhung im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index eine größere ist.

Gleichzeitig wird klar, daß die Verwendung absoluter Zahlenwerte für die Stautestzahlen beim Vergleich der Ergebnisse einer ganzen Versuchsreihe ein falsches Bild vom Ausmaß des Gefäßreaktionsvermögens geben würde, da eine Stautestzahl nur zusammen mit dem zugehörigen oszillographischen Index beurteilt werden kann. Die Beispiele zeigen deutlich, daß beim Vergleich der oszillographischen Indices und der Stautestzahlen mehrerer Personen eine Umrechnung der Ergebnisse in Prozenten zweckmäßig ist.

Da die Oszillationserhöhung beim Stautest meßbarer Ausdruck der reaktiven Hyperaemie ist, lassen sich aus der Größe der Stautestzahlen Rückschlüsse auf

das Reaktionsvermögen der Blutgefäße ziehen.

Mit Hilfe des Stautestes läßt sich somit oszillographisch untersuchen in welchem Maße das Gefäßreaktionsvermögen bei Bettruhe verändert wird.

(Es sei nochmals betont, daß bei der rechnerischen Auswertung der oszillographischen Indices, als dem Ausdruck der augenblicklichen Durchblutungsgröße, und der Stautestzahlen, als größenmäßigem Ausdruck der durch den Staureiz ausgelösten reaktiven Hyperaemie, verschiedene zahlenmäßige Bezugssysteme gewählt wurden.)

Bei Patienten mit Beinfrakturen wurde außer den Oszillogrammen der Arme nur ein Oszillogramm des gesunden Beines angefertigt, da das exakte Anlegen der Manschette am verletzten Bein aus technischen Gründen nicht möglich gewesen wäre (Gipsverbände, Drahtextensionen).

9. Untersuchungsgang und Auswertung der Meßergebnisse am Beispiel der oszillographischen Untersuchungen eines Patienten

Name	:	Garsoffky, Edinhard
Alter	:	29 Jahre / Altersgruppe 1
Diagnose	:	Unterschenkelfraktur, links
Meßstellen	:	Oberarme, rechte Wade

Ergebnisse der ersten Messung (M_1) zu Beginn der Bettruhe:

rechtes Bein	: o.I. :	11,0	(mm)
	St. :	13,5	(mm)
rechter Arm	: o.I. :	7,5	(mm)
	St. :	9,2	(mm)
linker Arm	: o.I. :	7,5	(mm)
	St. :	9,0	(mm)

Ergebnisse der zweiten Messung (M_7) am siebten Tag:

rechtes Bein	: o.I. :	8,5	(mm)
	St. :	10,0	(mm)
rechter Arm	: o.I. :	6,8	(mm)
	St. :	8,2	(mm)
linker Arm	: o.I. :	6,7	(mm)
	St. :	8,0	(mm)

Ergebnisse der dritten Messung (M_{14}) am 14. Tag:

rechtes Bein	: o.I. :	7,5	(mm)
	St. :	8,5	(mm)
rechter Arm	: o.I. :	6,5	(mm)
	St. :	7,8	(mm)
linker Arm	: o.I. :	6,5	(mm)
	St. :	7,7	(mm)

Einordnen der Ergebnisse der oszillographischen Indices der Arm- und Beinmessungen in eine Tabelle:

		M_1	M_7	M_{14}
	re. Bein	11,0	8,5	7,5
o.I.	re. Arm	7,5	6,8	6,5
	li. Arm	7,5	6,7	6,5

Einordnen der Ergebnisse der Stautestuntersuchungen der Arm- und Beinmessungen in eine Tabelle:

	M_1	M_7	M_{14}
re. Bein	13,5	10,0	8,5
re. Arm	9,2	8,2	7,8
li. Arm	9,0	8,0	7,7

Rechnerische Auswertung der Ergebnisse der oszillographischen Indices für die Arm- und Beinmessungen in der zuvor beschriebenen Weise. Die Ergebnisse der rechnerischen Auswertung sind in der nachfolgenden Tabelle eingetragen:

		M_1	M_7	M_{14}
	re. Bein	= Ausgangs	↓ 22,7 %	↓ 31,8 %
o.I.	re. Arm	und Vergleichswert	↓ 9,3 %	↓ 13,3 %
	li. Arm	(≙ 100 %)	↓ 10,6 %	↓ 13,3 %

Erklärung: Unter M_7, bzw. M_{14}, ist der prozentuale Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber dem Ausgangs- und Vergleichswert von M_1 eingetragen.

Die Abbildung 9 gibt die in der Tabelle aufgezeigten Verhältnisse bei den Arm- und Beinmessungen wieder.

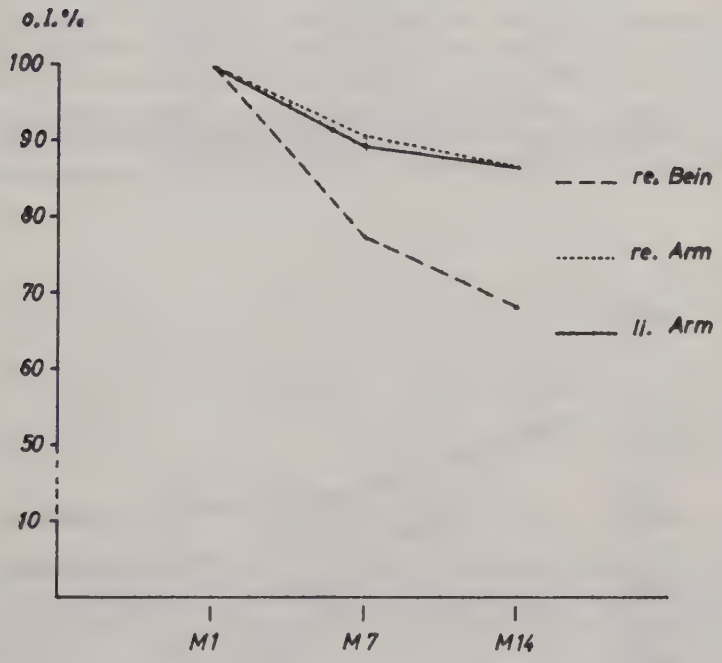


Abb. 9

Erklärung: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet; auf der Ordinate wurde die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Messung eingetragen (Ausgangswert $M_1 \triangleq 100\ \%$) (Kurve der Arme gestrichelt, Kurve der Beine ausgezogen).

Rechnerische Auswertung der Stautestmessungen in der zuvor beschriebenen Weise. Die Ergebnisse der rechnerischen Auswertung sind in der nachstehenden Tabelle eingetragen.

Erklärung: Unter M_1 sind die Stautestergebnisse der Messung am ersten

Tag eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7., bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die prozentuale Ausschlagserhöhung, immer im Vergleich zur Größe des zugehörigen oszillographischen Index.

		M_1	M_7	M_{14}
	re. Bein	↗ 22,7 %	↗ 17,6 %	↗ 13,3 %
St.	re. Arm	↗ 22,6 %	↗ 20,5 %	↗ 20,0 %
	li. Arm	↗ 20,0 %	↗ 19,4 %	↗ 18,5 %

Die Abbildung 10 gibt die in der Tabelle aufgezeichneten Stautestergebnisse bei den Arm- und Beinmessungen graphisch wieder.

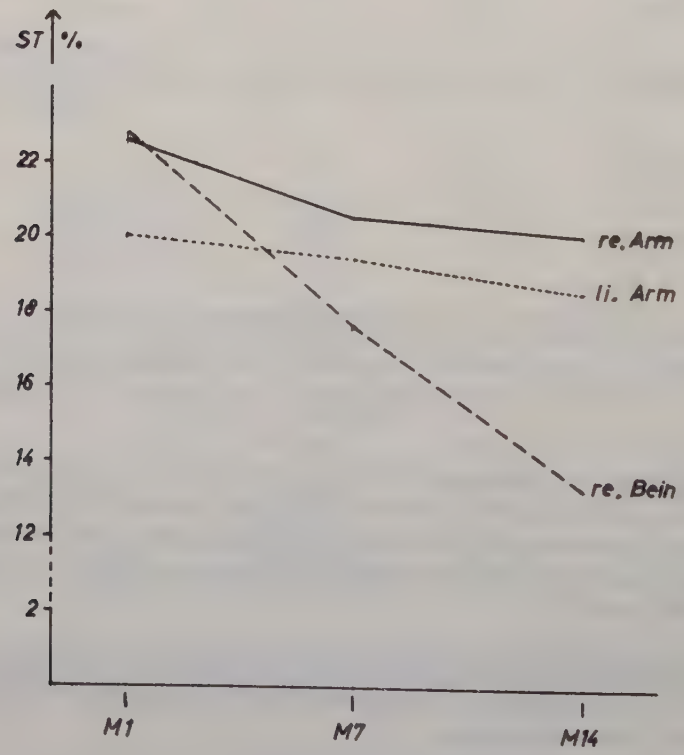


Abb. 10

Erklärung: Auf der Abszisse ist der Zeitpunkt der einzelnen Messungen eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung in Prozenten beim Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index.(Kurve für die Arme gestrichelt, für die Beine ausgezogen).

In analoger Weise wurden die oszillographischen Messungen bei den übrigen 105 Patienten ausgewertet. Danach wurden die Ergebnisse den drei Altersgruppen entsprechend zusammengefaßt und der Gruppendurchschnitt der oszillographischen Indices und der Stautestzahlen ermittelt. Die Gruppenzusammenfassung machte es möglich, Rückschlüsse auf den Einfluß des Alters, auf die infolge Ruhigstellung verursachten Änderungen der Durchblutungsgröße und des Gefäßreaktionsvermögens, zu ziehen.

IV. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER GRUPPE 1

Gliederung:

1. Übersicht über das Patientengut der Gruppe 1 mit Hinweis auf die oben beschriebene Methodik.
2. Untersuchungsergebnisse der oszillographischen Indices (zur Untersuchung der Veränderung der Durchblutungsgröße):
   a) bei den Beinmessungen (in Tabelle und Schaubild),
   b) bei den Armmessungen (in Tabelle und Schaubild).
3. Untersuchungsergebnisse des Stautestes (zur Untersuchung der Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens):
   a) an den Beinen (in Tabelle und Schaubild),
   b) an den Armen (in Tabelle und Schaubild).

1. PATIENTENGUT DER GRUPPE 1

In die Gruppe 1 wurden die Patienten zwischen 15. und 35. Lebensjahr aufgenommen. Mit 40 Personen war dies die zahlenmäßig stärkste Untersuchungsgruppe. Die Stärke der einzelnen Gruppen zeigt die nachstehende Tabelle:

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
40 Personen	32 Personen	34 Personen

Über die Altershäufigkeit innerhalb dieser Gruppe verschafft die Abbildung 11 einen Überblick.

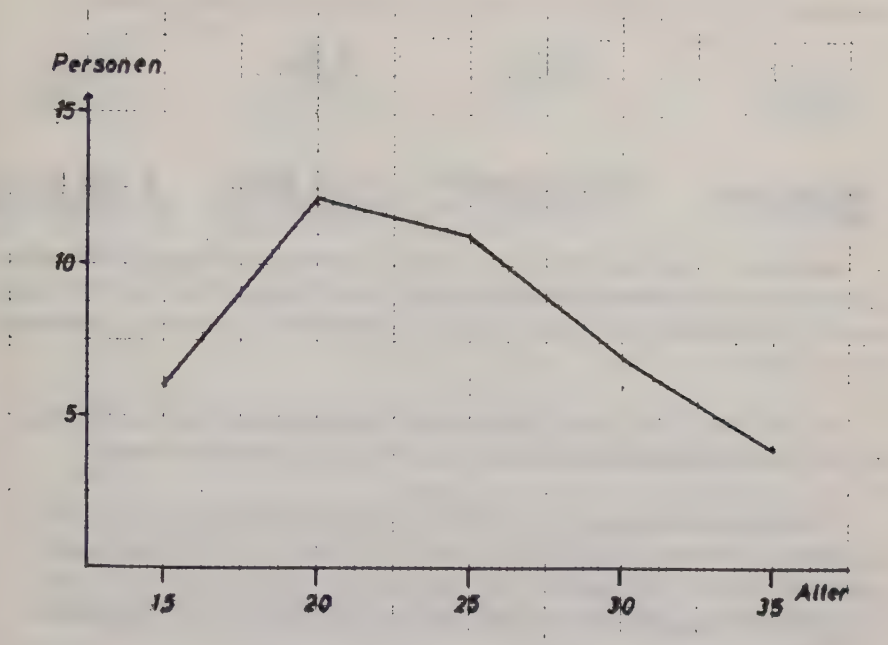


Abb. 11

Nach der zuvor beschriebenen Methodik wurde mit Hilfe der Oszillographie und des oszillographischen Index zuerst die Veränderung der Durchblutungsgröße bei vierzehntätiger Bettruhe untersucht.

Anschließend wurden mit der Stautestmethode Veränderungen des Gefäßreaktionsvermögens untersucht.

2a) UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER OSZILLOGRAPHISCHEN INDICES BEI DEN MESSUNGEN AN DEN BEINEN

Es wurden die bei der rechnerischen Auswertung der verschiedenen Messungen (M_7, M_{14}) für die einzelnen Personen ermittelten Ergebnisse zusammengezählt und ein Durchschnittswert errechnet.

Bei der Gruppe 1 erhielt man so für die oszillographischen Indices der

Beine die in der untenstehenden Tabelle eingetragenen Durchschnittswerte.

o.I.	M_1	M_7	M_{14}
Beine	≙ 100%	↓26,0%	↓36,6%

Erklärung: Unter M_7, bzw. M_{14}, ist der prozentuale Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber dem Ausgangs- und Vergleichswert von M_1 eingetragen. (M_1= Messung am ersten Tag; M_7 = Messung am 7. Tag; M_{14} = Messung am 14. Tag).

Die Abbildung 12 gibt die aufgezeigten Verhältnisse für die Veränderungen bei den oszillographischen Indices der Beinmessungen graphisch wieder.

Erklärung zu Abbildung 12: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Untersuchung (M_1) zu Beginn der Ruhigstellung (Vergleichs- und Ausgangswert ≙ 100 %).

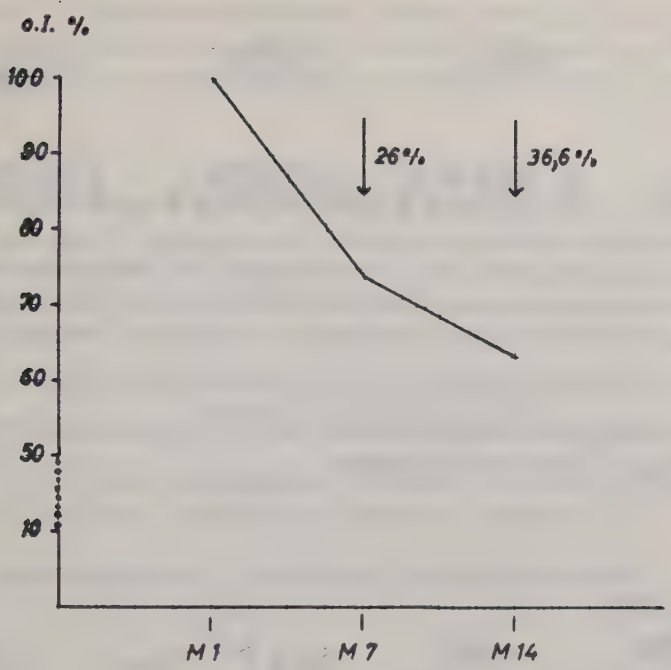


Abb. 12

2b) UNTERSUCHUNG DER OSZILLOGRAPHISCHEN INDICES DER ARMMESSUNGEN

In gleicher Weise wurden die Durchschnittswerte der oszillographischen Indices der Arme bei den verschiedenen Messungen ermittelt und in einer Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle:

o.I.	M_1	M_7	M_{14}
Arme	≙ 100%	↓ 10,0%	↓ 12,0%

Erklärung: Unter M_7, bzw. M_{14}, ist der Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber dem Ausgangswert und Vergleichswert von M_1 eingetragen. (M_1 = Messung am ersten Tag; M7 = Messung am 7. Tag; M_{14} = Messung am 14. Tag).

Die Veränderungen der oszillographischen Indices der Armmessungen sind in der Abbildung 13 zur Darstellung gebracht.

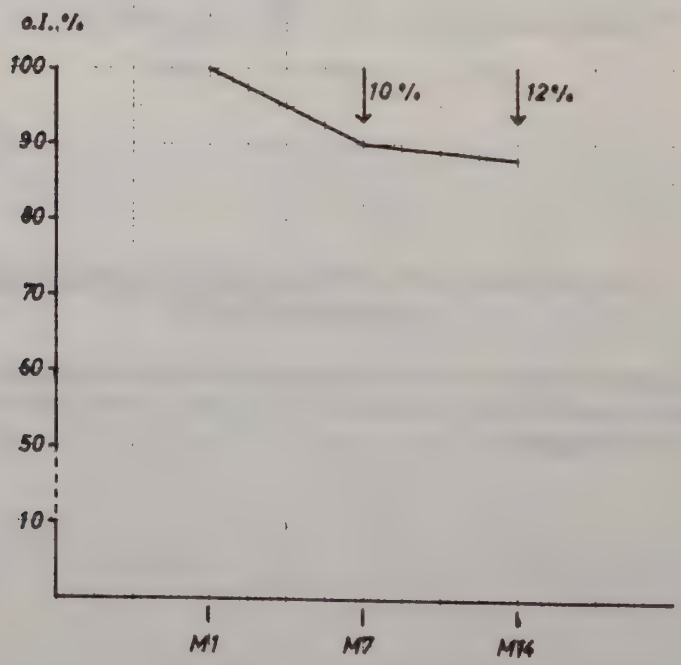


Abb. 13

Erklärung zu Abbildung 13: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Messung zu Beginn der Ruhigstellung (Vergleichs- und Ausgangswert $M_1 \hat{=} 100\%$).

3. Zur Untersuchung der Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens werden die Ergebnisse des Stautestes bei den verschiedenen Messungen zusammengefaßt.

3a) UNTERSUCHUNG DER OSZILLOGRAPHISCHEN STAUTESTZAHLEN BEI DEN MESSUNGEN AM BEIN

Aus den bei den verschiedenen Messungen für die Einzelpersonen errechneten Werten wurde wiederum der Durchschnitt ermittelt.

Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle eingetragen.

St.	M_1	M_7	M_{14}
Beine	↑25,7%	↑15,5%	↑10,4%

Erklärung: Unter M_1 sind die Stautestergebnisse (nach der rechnerischen Auswertung) der Messung am ersten Tag eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7., bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die prozentuale Ausschlagserhöhung, immer im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index.

Die Veränderungen der Stautestzahlen der Beine sind in Abbildung 14 aufgezeichnet.

Erklärung: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der einzelnen Messungen eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung im Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index, umgerechnet in Prozente.

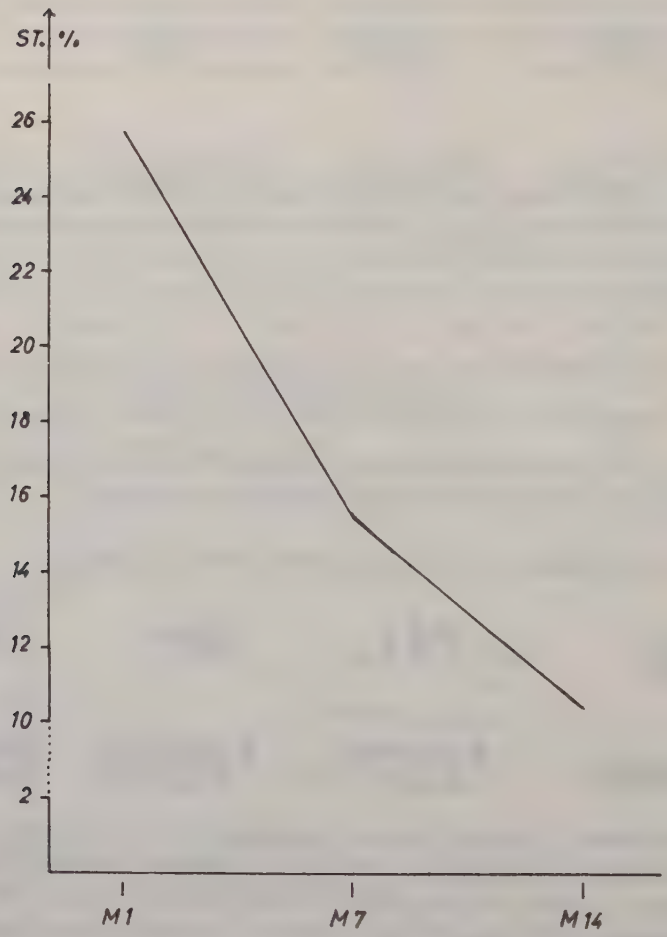


Abb. 14

3b) UNTERSUCHUNG DER STAUTESTZAHLEN BEI DEN MESSUNGEN AN DEN ARMEN

In der gleichen Weise wurden die Durchschnittswerte der Stautestzahlen bei

den verschiedenen Messungen ermittelt und in einer Tabelle zusammengefaßt.

St.	M_1	M_7	M_{14}
Arme	↑25,5%	↑25,0%	↑24,6%

Erklärung: Unter M_1 sind die Stautestergebnisse der Messung am ersten Tag eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7., bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die prozentuale Ausschlagserhöhung, immer im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index.

Die Abbildung 15 gibt die Veränderungen der Stautestzahlen bei den Armmessungen graphisch wieder.

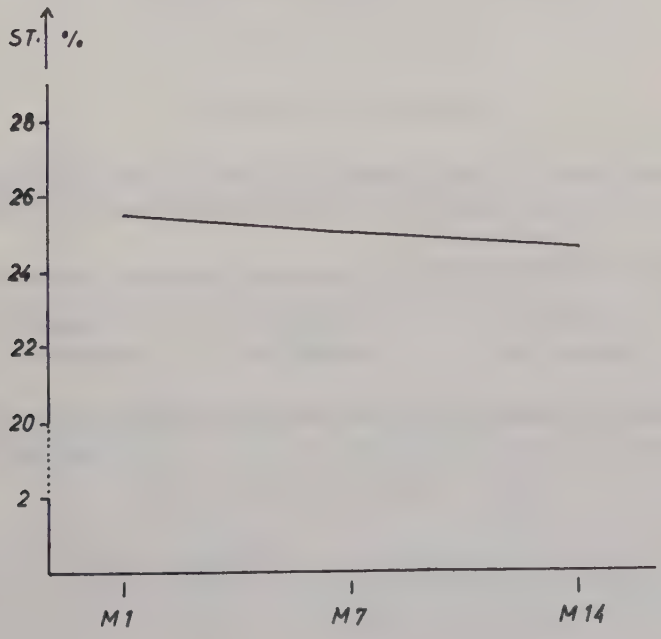


Abb. 15

Erklärung zu Abbildung 15: Auf der Abszisse ist der Zeitpunkt der einzelnen Messungen eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung im Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index, umgerechnet in Prozente.

Die eingehende kritische Besprechung und Auslegung der Untersuchungsergebnisse erfolgt zusammen mit den Ergebnissen der beiden übrigen Altersgruppen in einem besonderen Kapitel.

V. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER GRUPPE 2

Gliederung

1. Übersicht über das Patientengut der Gruppe 2 mit Hinweis auf die oben beschriebene Methodik.

2. Untersuchungsergebnisse der oszillographischen Indices (zur Untersuchung der Veränderung der Durchblutungsgröße):
   a) bei den Beinmessungen (in Tabelle und Schaubild),
   b) bei den Armmessungen (in Tabelle und Schaubild).

3. Untersuchungsergebnisse des Stautestes (zur Untersuchung der Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens):
   a) an den Beinen (in Tabelle und Schaubild),
   b) an den Armen (in Tabelle und Schaubild).

1. PATIENTENGUT DER GRUPPE 2

In Gruppe 2 wurden 32 Personen zwischen 35 und 55 Jahren aufgenommen. Sie ist mit 32 Patienten die zahlenmäßig schwächste Gruppe.

Die Stärke der einzelnen Altersgruppen zeigt das nachstehende Schema:

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
40 Personen	32 Personen	34 Personen

Über die Altershäufigkeit innerhalb der Gruppe verschafft die Abbildung 16 einen Überblick.

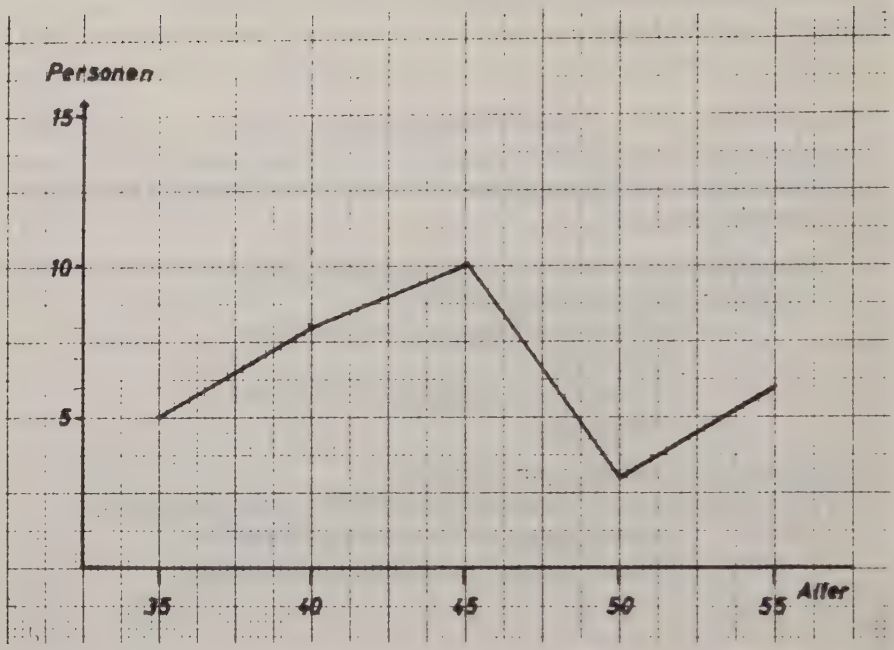


Abb. 16

Nach der beschriebenen Methodik wird zuerst mit Hilfe der Oszillographie und des oszillographischen Index die Veränderung der Durchblutungsgröße bei 14-tägiger Bettruhe untersucht.

Danach werden mit der Stautestmethode Untersuchungen über die Veränderungen des Gefäßreaktionsvermögens durchgeführt.

2a) UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER OSZILLOGRAPHISCHEN INDICES BEI DEN MESSUNGEN AN DEN BEINEN

Es wurden die bei der rechnerischen Auswertung der verschiedenen Messungen (M_7, M_{14}) für die einzelnen Personen ermittelten Ergebnisse zusammengezählt und der Durchschnittswert errechnet.

Bei der Gruppe 2 erhielt man so für die oszillographischen Indices der Beine

die in der nachstehenden Tabelle eingetragenen Durchschnittswerte.

o.I.	M_1	M_7	M_{14}
Beine	≙ 100%	↓ 22,1%	↓ 31,9%

Erklärung: Unter M_7, bzw. M_{14}, ist der prozentuale Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber dem Ausgangs- und Vergleichswert von M_1 eingetragen (M_1 = Messung am ersten Tag; M_7 = Messung am 7. Tag; M_{14} = Messung am 14. Tag).

Die Abbildung 17 gibt die aufgezeigten Verhältnisse für die Veränderungen bei den oszillographischen Indices der Beinmessungen graphisch wieder.

Erklärung zu Abbildung 17: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Untersuchung (M_1) zu Beginn der Ruhigstellung (Vergleich- und Ausgangswert ≙ 100 %).

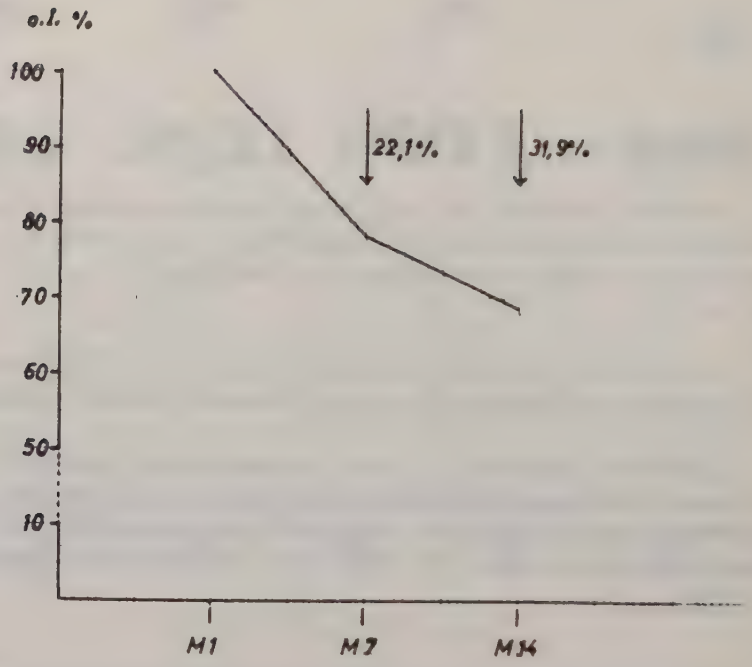


Abb. 17

2b) UNTERSUCHUNG DER OSZILLOGRAPHISCHEN INDICES BEI DEN ARMMESSUNGEN

In gleicher Weise wurden die Durchschnittswerte der oszillographischen Indices der Arme bei den verschiedenen Messungen ermittelt und in einer Tabelle zusammengefaßt.

o.I.	M_1	M_7	M_{14}
Arme	$\hat{=}$ 100%	↓ 9,6%	↓ 11,0%

Erklärung: Unter M_7, bzw. M_{14} ist der prozentuale Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber dem Ausgangs- und Vergleichswert von M_1 eingetragen (M_1 = Messung am ersten Tag; M_7 = Messung am 7. Tag; M_{14} = Messung am 14. Tag).

Die Veränderungen der oszillographoschen Indices der Armmessungen sind in der Abbildung 18 zu Darstellung gebracht.

Erklärung zu Abbildung 18: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Messung zu Beginn der Ruhigstellung (Vergleichs- und Ausgangswert $M_1 \hat{=} 100\%$).

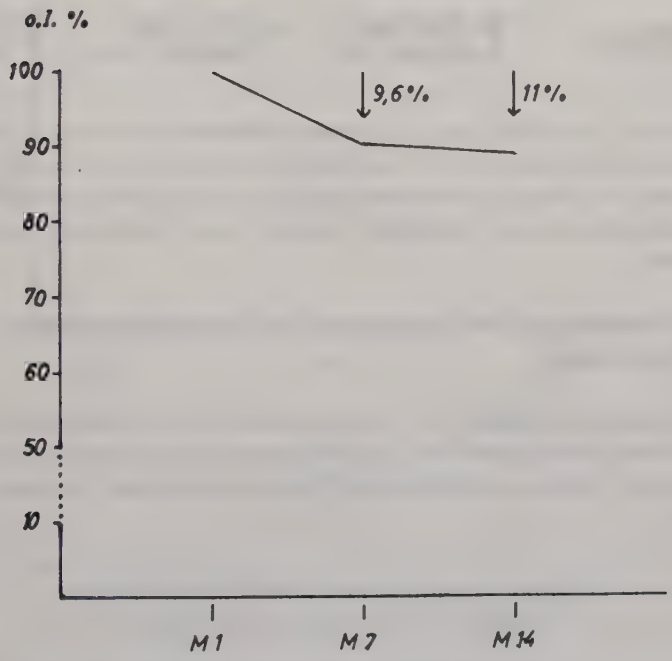


Abb. 18

3. Zur Untersuchung der Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens wurden die Ergebnisse des Stautestes bei den verschiedenen Messungen zusammengefaßt.

3a) UNTERSUCHUNG DER OSZILLOGRAPHISCHEN STAUTESTZAHLEN BEI DEN MESSUNGEN AM BEIN

Aus den bei den verschiedenen Messungen für die Einzelperson errechneten Werten wurde wiederum der Durchschnitt ermittelt. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle eingetragen.

St.	M_1	M_7	M_{14}
Beine	↑21,2%	↑12,5%	↑8,6%

Erklärung: Unter M_1 sind die Stautestergebnisse (nach der rechnerischen Auswertung) der Messung am 1. Tag eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7. bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die prozentuale Ausschlagserhöhung, immer im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index.

Die Veränderungen der Stautestzahlen der Beine sind in Abbildung 19 zur Darstellung gebracht.

Erklärung zu Abbildung 19: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der einzelnen Messungen eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung im Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index, umgerechnet in Prozente.

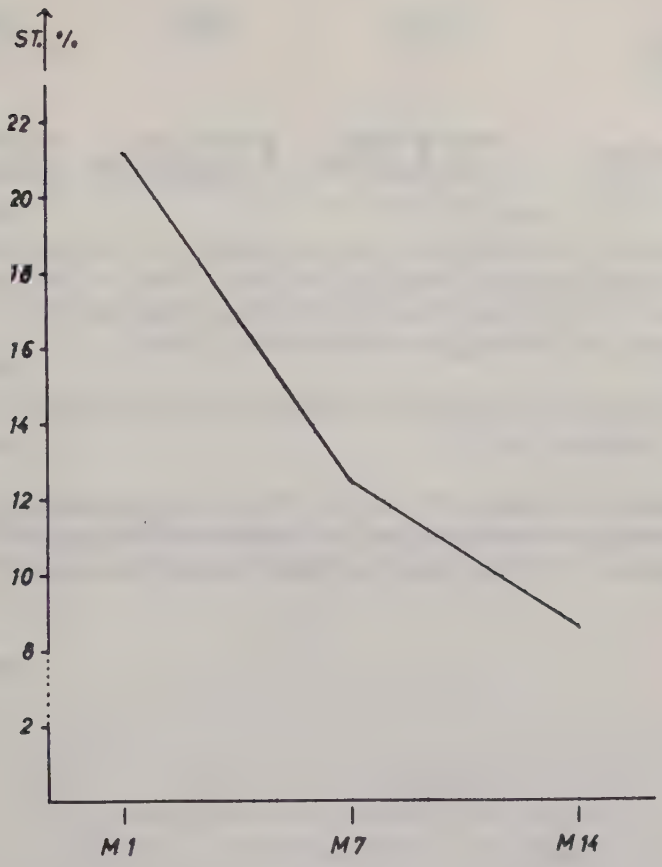


Abb. 19

3b) UNTERSUCHUNG DER STAUTESTZAHLEN BEI DEN MESSUNGEN AN DEN ARMEN

In der gleichen Weise wurden die Durchschnittswerte der Stautestzahlen bei den verschiedenen Messungen ermittelt und in einer Tabelle zusammengefaßt.

St.	M_1	M_7	M_{14}
Arme	↑23,2%	↑22,4%	↑22,0%

Erklärung: Unter M_1 sind die Stautestergebnisse der Messung am ersten Tag eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7. bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die prozentuale Ausschlagserhöhung, immer im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index.

Die Abbildung 20 gibt die Veränderungen der Stautestzahlen bei den Armmessungen graphisch wieder.

Erklärung zu Abbildung 20: Auf der Abszisse ist der Zeitpunkt der einzelnen Messungen eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung im Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index, umgerechnet in Prozente.

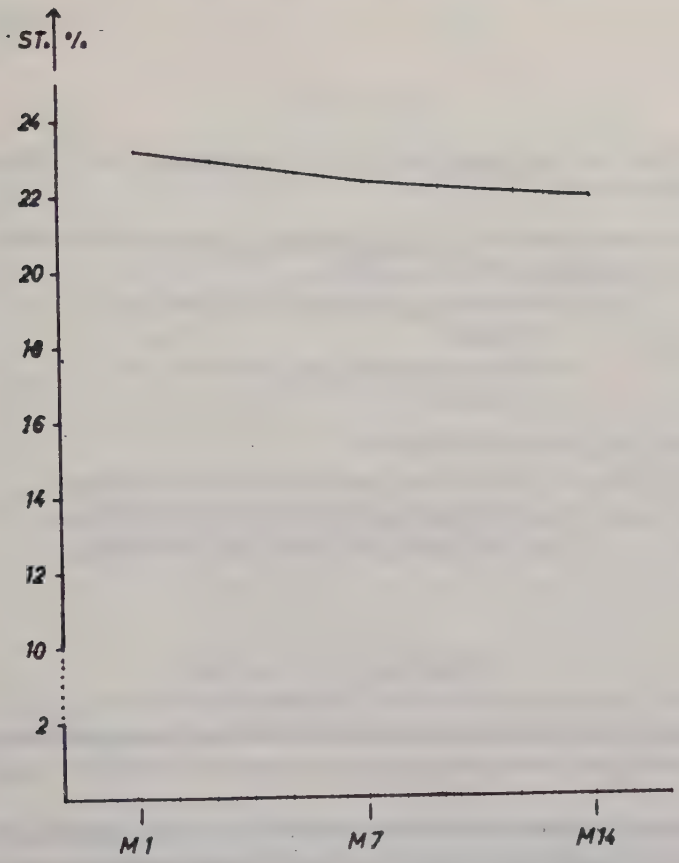


Abb. 20

Die eingehende kritische Besprechung und Auslegung der Untersuchungsergebnisse erfolgt zusammen mit den Ergebnissen der beiden übrigen Altersgruppen in einem besonderen Kapitel.

VI. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER GRUPPE 3

Gliederung

1. Übersicht über das Patientengut der Gruppe 3 mit Hinweis auf die oben beschriebene Methodik.
2. Untersuchungsergebnisse der oszillographischen Indices (zur Untersuchung der Veränderung der Durchblutungsgröße):
   a) bei den Beinmessungen (in Tabelle und Schaubild),
   b) bei den Armmessungen (in Tabelle und Schaubild).
3. Untersuchungsergebnisse des Stautestes (zur Untersuchung der Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens):
   a) an den Beinen (in Tabelle und Schaubild),
   b) an den Armen (in Tabelle und Schaubild).

1. PATIENTENGUT DER GRUPPE 3

Die Gruppe 3 setzte sich aus Patienten über dem 55. Lebensjahr zusammen. Mit 34 Personen lag sie zahlenmäßig an zweiter Stelle.

Am Rande sei erwähnt, daß die Mehrzahl der wegen oszillographisch nachweisbarer Durchblutungsstörungen nach der ersten Messung zurückgestellten 22 Patienten dieser Altersgruppe angehörten.

Über die zahlenmäßige Stärke der einzelnen Gruppen informiert die nachstehende Tabelle:

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
40 Personen	32 Personen	34 Personen

Die Altershäufigkeit innerhalb der Gruppe zeigt Abbildung 21 graphisch.

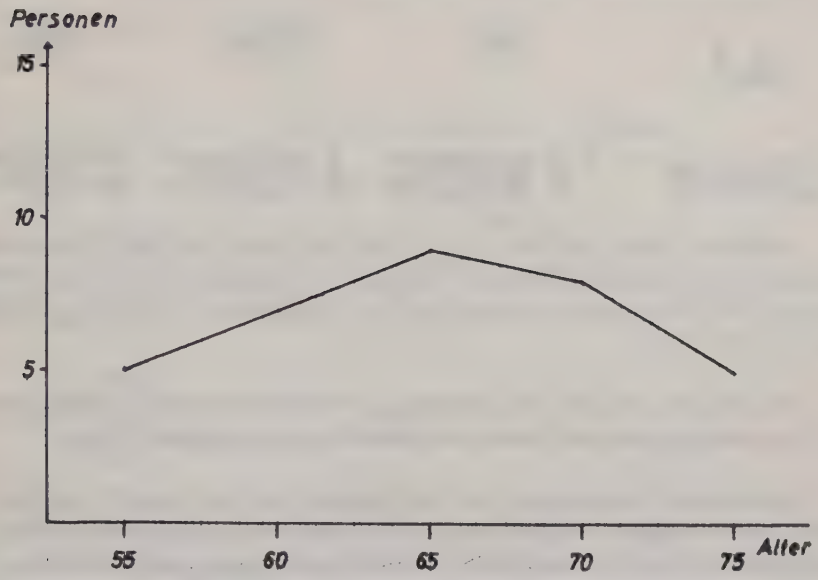


Abb. 21

Nach der beschriebenen Methodik wird zuerst mit Hilfe der Oszillographie und des oszillographischen Index die Veränderung der Durchblutungsgröße bei 14-tägiger Bettruhe untersucht.

Danach werden mit der Stautestmethode Veränderungen des Gefäßreaktionsvermögens untersucht.

2a) UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER OSZILLOGRAPHISCHEN INDICES BEI DEN MESSUNGEN AN DEN BEINEN

Es wurden die bei der rechnerischen Auswertung der verschiedenen Messungen (M_7, M_{14}) für die einzelnen Personen ermittelten Ergebnisse zusammengezählt und der Durchschnittswert errechnet.

Bei der Gruppe 3 erhielt man so für die oszillographischen Indices der Beine

die in der nachstehenden Tabelle eingetragenen Durchschnittswerte.

o.I.	M_1	M_7	M_{14}
Beine	≙ 100%	↓ 15,0%	↓ 23,4%

Erklärung: Unter M_7, bzw. M_{14}, ist der prozentuale Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber dem Ausgangs- und Vergleichswert von M_1 eingetragen (M_1 = Messung am ersten Tag; M_7 = Messung am 7. Tag; M_{14} = Messung am 14. Tag).

Die Abbildung 22 gibt die aufgezeigten Verhältnisse für die Veränderungen bei den oszillographischen Indices der Beinmessungen graphisch wieder.

Erklärung zu Abbildung 22: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Untersuchung (M_1) zu Beginn der Ruhigstellung (Vergleichs- und Ausgangswert ≙ 100 %).

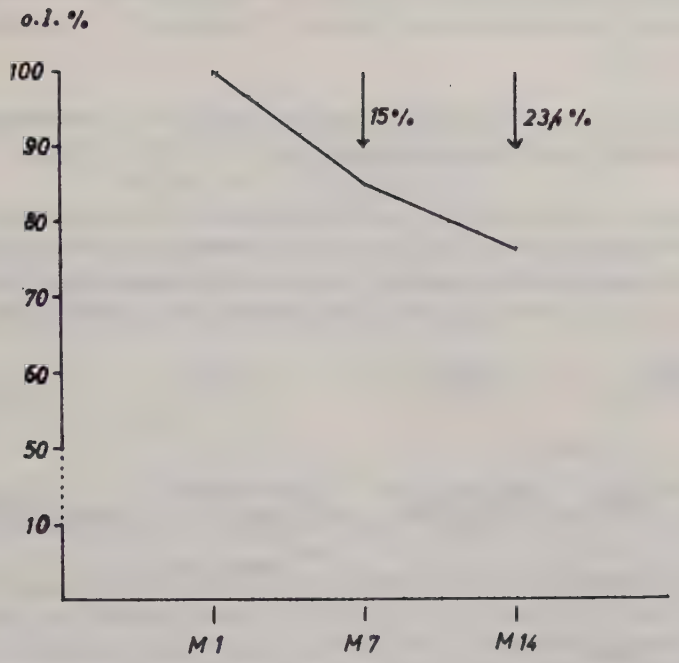


Abb. 22

2b) UNTERSUCHUNG DER OSZILLOGRAPHISCHEN INDICES BEI DEN ARMMESSUNGEN

In gleicher Weise wurden die Durchschnittswerte der oszillographischen Indices der Arme bei den verschiedenen Messungen ermittelt und in einer Tabelle zusammengefaßt.

o.I.	M_1	M_7	M_{14}
Arme	≙ 100%	↓ 8,0%	↓ 9,0%

Erklärung: Unter M_7, bzw. M_{14}, ist der prozentuale Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber dem Ausgangs- und Vergleichswert von M_1 eingetragen (M_1 = Messung am ersten Tag; M_7 = Messung am 7. Tag; M_{14} = Messung am 14. Tag).

Die Veränderungen der oszillographischen Indices der Armmessungen sind in der Abbildung 23 zu Darstellung gebracht.

Erklärung zu Abbildung 23: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Messung zu Beginn der Ruhigstellung (Vergleichs- und Ausgangswert $M_1 \hat{=} 100\,\%$).

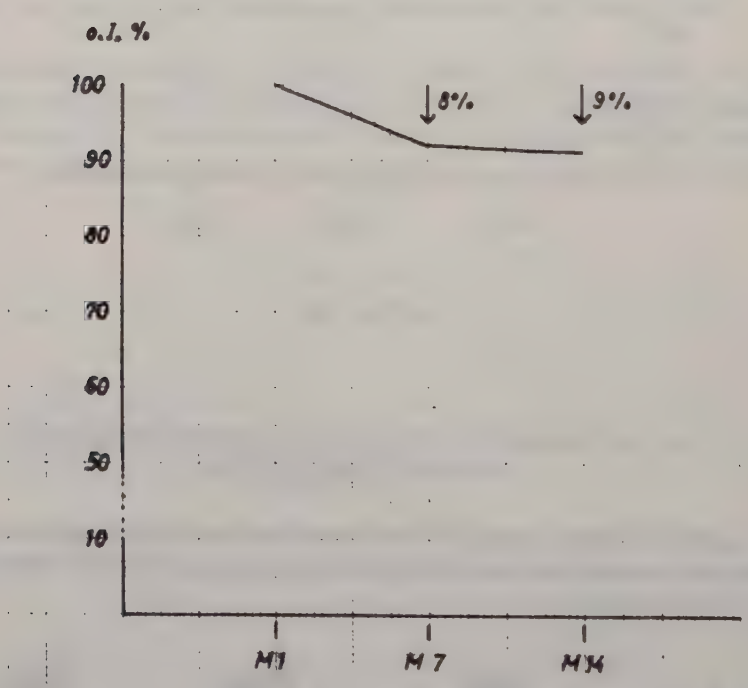


Abb. 23

3. Zur Untersuchung der Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens wurden die Ergebnisse des Stautestes bei den verschiedenen Messungen zusammengefaßt.

3a) UNTERSUCHUNG DER OSZILLOGRAPHISCHEN STAUTESTZAHLEN BEI DEN MESSUNGEN AM BEIN

Aus den bei den verschiedenen Messungen für die Einzelperson errechneten Werten wurde wiederum der Durchschnitt ermittelt. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle eingetragen.

St.	M_1	M_7	M_{14}
Beine	↑ 17,0%	↑ 10,0%	↑ 7,0%

Erklärung: Unter M_1 sind die Stautestergebnisse (nach der rechnerischen Auswertung) der Messungen am 1. Tag eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7., bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die prozentuale Ausschlagserhöhung, immer im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index.

Die Veränderungen der Stautestzahlen der Beine sind in Abbildung 24 zur Darstellung gebracht.

Erklärung zu Abbildung 24: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der einzelnen Messungen eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung im Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index, umgerechnt in Prozente.

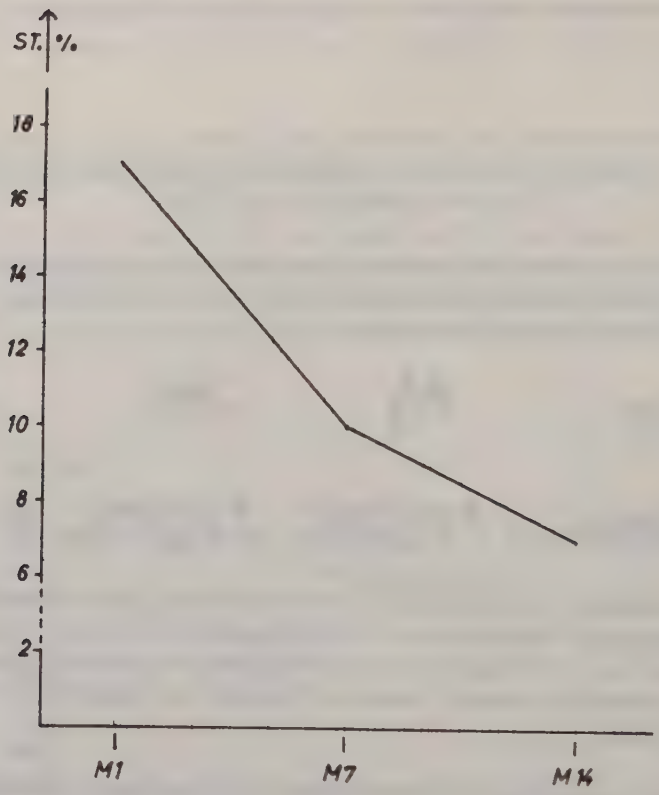


Abb.- 24

3b) UNTERSUCHUNG DER STAUTESTZAHLEN BEI DEN MESSUNGEN AN DEN ARMEN

In der gleichen Weise wurden die Durchschnittswerte der Stautestzahlen bei den verschiedenen Messungen ermittelt und in einer Tabelle zusammengefaßt.

St.	M_1	M_7	M_{14}
Arme	↑20,0%	↑18,4%	↑18,2%

Erklärung: Unter M_1 sind die Stautestergebnisse der Messungen am ersten Tag eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7., bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die prozentuale Ausschlagserhöhung, immer im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index.

Die Abbildung 25 gibt die Veränderungen der Stautestzahlen bei den Armmessungen graphisch wieder.

Erklärung zu Abbildung 25: Auf der Abszisse ist der Zeitpunkt der einzelnen Messungen eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung im Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index, umgerechnet in Prozente.

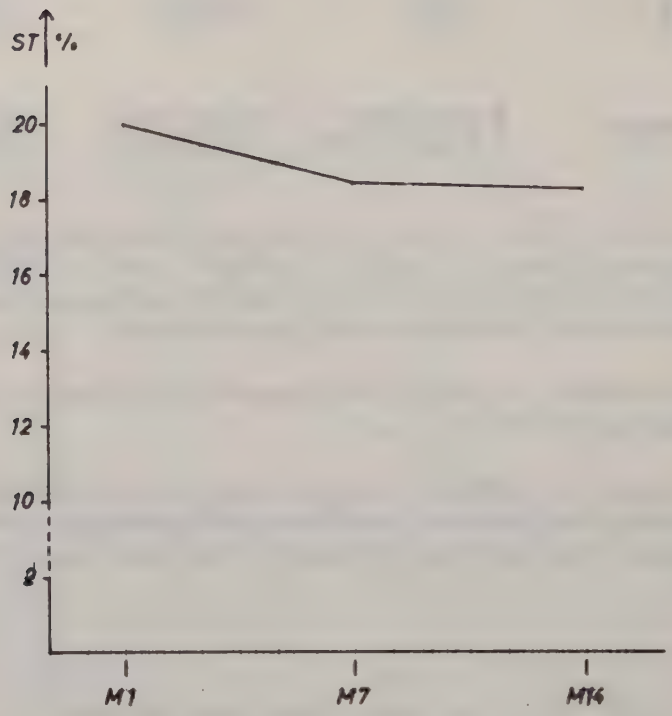


Abb. 25

Die eingehende kritische Besprechung und Auslegung der Untersuchungsergebnisse erfolgt zusammen mit den Ergebnissen der beiden übrigen Altersgruppen in einem besonderen Kapitel.

VII. ZUSAMMENSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE ALLER DREI GRUPPEN

Zur besseren Übersicht wurden die Ergebnisse der einzelnen Gruppen nach ihrer rechnerischen Auswertung nochmals in gemeinsamen Tabellen und Schaubildern zusammengefaßt:

a) für die oszillatorischen Indices,

b) für die Stautestzahlen.

ad a) In der folgenden Tabelle sind die Meßergebnisse für die oszillographischen Indices der drei Gruppen nach ihrer rechnerischen Auswertung eingetragen:

		M_1	M_7	M_{14}
Bein	G_1	als Ausgangs- und Vergleichswert ($\hat{=}$ 100 %)	↓ 26,0 %	↓ 36,6 %
	G_2		↓ 22,1 %	↓ 31,9 %
	G_3		↓ 15,0 %	↓ 23,4 %

		M_1	M_7	M_{14}
Arm	G_1	als Ausgangs- und Vergleichswert ($\hat{=}$ 100 %)	↓ 10,0 %	↓ 12,0 %
	G_2		↓ 9,6 %	↓ 11,0 %
	G_3		↓ 8,0 %	↓ 9,0 %

In der Spalte unter M_7 sind die Ergebnisse der rechnerischen Auswertung bei der Messung nach 7 Tagen eingetragen, unter M_{14} die nach dem 14. Tag. Es handelt sich bei den Werten jeweils um den prozentualen Rückgang der oszillographischen Indices in Bezug zu den oszillographischen Indices von M_1, die als Ausgangs- und Vergleichswerte gewählt wurden.

Die Abbildung 26 gibt die aufgezeigten Verhältnisse für die Veränderungen

der oszillographischen Indices der Beinmessungen graphisch wieder.

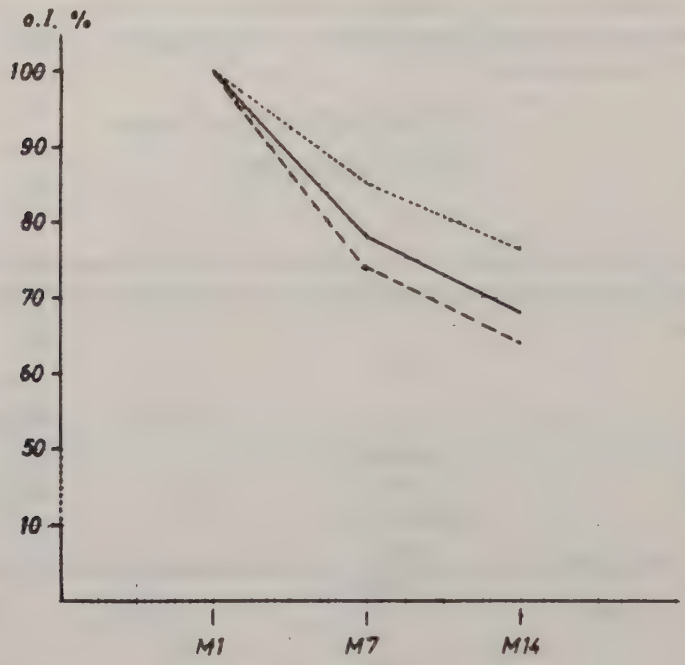


Abb. 26

Die Veränderungen der oszillographischen Indices der Armmessungen sind in der Abbildung 27 dargestellt.(Abbildung 27 auf der folgenden Seite)

Erklärung zu den Abbildungen 26 und 27: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen (M_1, M_7, M_{14}) aufgezeichnet, auf der Ordinate die Größe der oszillographischen Indices in Prozenten im Vergleich zum Ausgangswert der ersten Untersuchung (M_1) zu Beginn der Ruhigstellung.

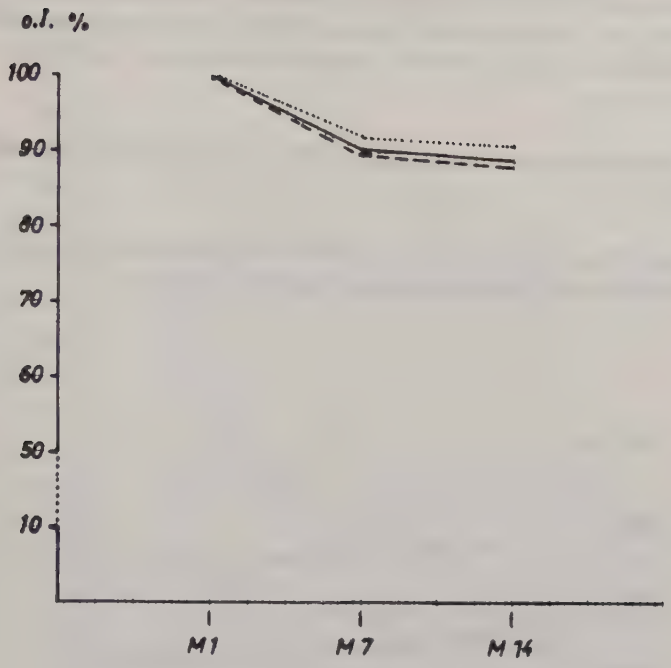


Abb. 27

ad b) In der nachstehenden Tabelle sind die Meßergebnisse des Stautestes nach ihrer rechnerischen Auswertung eingeordnet:

		M_1	M_7	M_{14}
Bein	G_1	↗ 25,7 %	↗ 15,5 %	↗ 10,4 %
	G_2	↗ 12,2 %	↗ 12,5 %	↗ 8,6 %
	G_3	↗ 17,0 %	↗ 10,0 %	↗ 7,0 %
Arm	G_1	↗ 25,5 %	↗ 25,0 %	↗ 24,6 %
	G_2	↗ 23,2 %	↗ 22,4 %	↗ 22,0 %
	G_3	↗ 20,0 %	↗ 18,4 %	↗ 18,2 %

Erklärung der Tabelle auf der folgenden Seite.

In der Spalte unter M_1 sind die Ergebnisse der rechnerischen Auswertung bei den Messungen zu Beginn der Bettruhe eingetragen, unter M_7, bzw. M_{14}, die vom 7., bzw. 14. Tag. Bei den Werten handelt es sich jeweils um die Größe der Ausschlagserhöhung in Prozenten, immer in Bezug zum zugehörigen oszillographischen Index.

Die Veränderungen der Stautestzahlen der Arme sind in der Abbildung 28 dargestellt.

Die Abbildung 29 gibt die in der Tabelle aufgezeichneten Veränderungen der Stautestzahlen bei den Beinmessungen graphisch wieder.

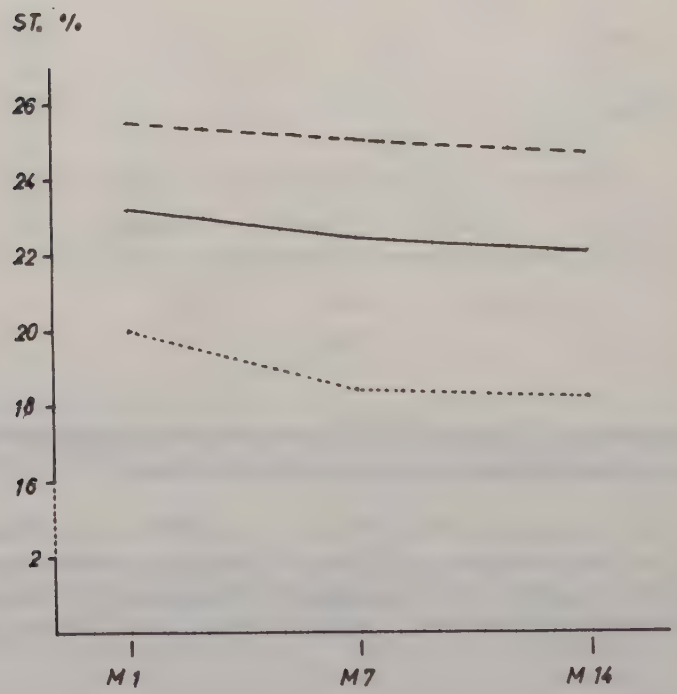


Abb. 28

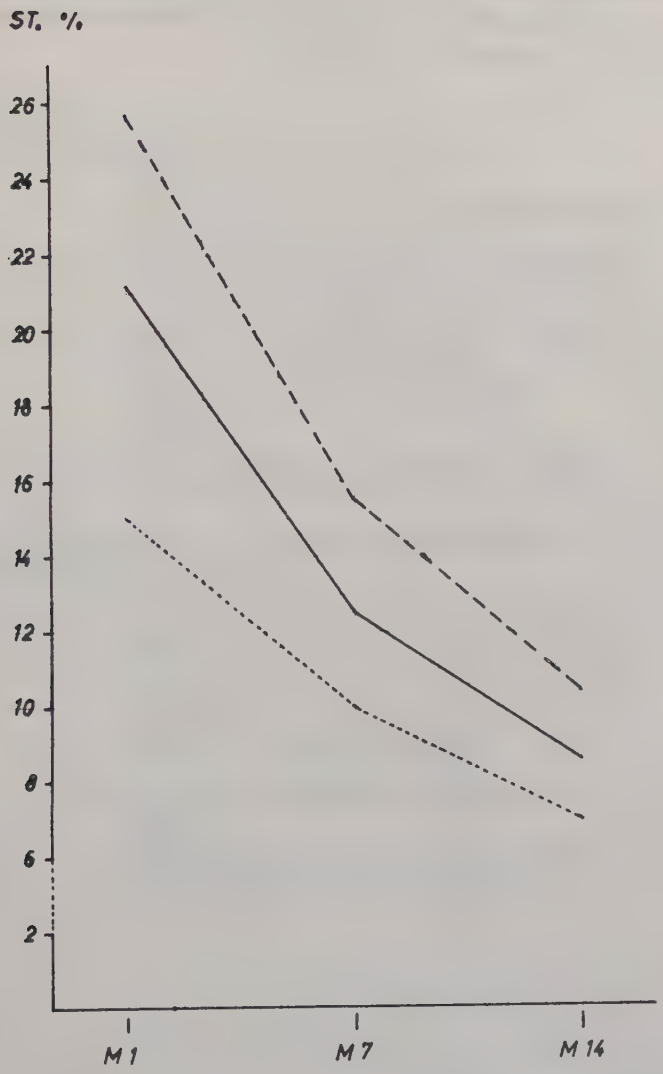


Abb. 29

Erklärung zu den Abbildungen 28 und 29: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen (M_1, M_7, M_{14}) eingezeichnet, auf der Ordinate die Ausschlagserhöhung im Vergleich zum jeweils zugehörigen oszillographischen Index, umgerechnet in Prozente.

VIII. KRITISCHE BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Gliederung

1. Einfluß der Ruhigstellung auf die Durchblutung;
   Besprechung der oszillographischen Indices:
   a) Veränderungen der o.I. bei den Beinmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe,
   b) Veränderungen der o.I. bei den Armmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe,
   c) Vergleichende Gegenüberstellung der Ergebnisse von Arm- und Beinmessungen,
   d) Kritische Betrachtung und Auslegung der Ergebnisse
   e) Einfluß des Alters auf die Ergebnisse der oszillographischen Indices (Gruppenvergleich).

2. Einfluß der Ruhigstellung auf das Gefäßreaktionsvermögen;
   Besprechung der Stautestzahlen:
   a) Veränderungen der Stautestzahlen bei den Beinmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe,
   b) Veränderungen der Stautestzahlen bei den Armmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe,
   c) Vergleichende Gegenüberstellung der Ergebnisse von Arm- und Beinmessungen,
   d) Kritische Betrachtung und Auslegung der Ergebnisse,
   e) Einfluß des Alters auf die Ergebnisse der Stautestuntersuchungen (Gruppenvergleich).

1. EINFLUSS DER RUHIGSTELLUNG AUF DIE DURCHBLUTUNG

Besprechung der oszillographischen Indices:

a) Veränderungen der oszillographischen Indices bei den Beinmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe

Bei der Betrachtung der Abbildung 26 und der dazugehörigen Tabelle zeigt sich bei allen drei Gruppen ein Rückgang der Oszillationsgröße gegenüber der ersten Messung (M_1). Bei der Veränderung der oszillographischen Indices findet man bei den verschiedenen Gruppen lediglich quantitative Unterschiede, auf die weiter unten bei der Gegenüberstellung der Gruppenergebnisse zur Untersuchung des Alterseinflusses näher eingegangen werden soll.

Weiter fällt auf, daß es im Verlauf der ersten Woche der Ruhigstellung zu einer relativ stärkeren Verminderung der Ausschlagsgröße im Vergleich zum Wert der Anfangsmessung (M_1) kommt. Während der zweiten Woche sinkt die Größe der oszillographischen Indices zwar weiter ab, die Differenz zwischen den Werten von M_7 und M_{14} ist jedoch geringer. Dieser größenmäßig verschiedene Rückgang der oszillographischen Indices während der ersten und zweiten Woche zeigt sich in der Abbildung 26 in einem biphasischen Kurvenverlauf mit deutlichem Knick bei M_7.

b) Veränderungen der oszillographischen Indices bei den Armmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe

Auch die Kurve der Abbildung 27 weist zwei Abschnitte auf. Der Verlauf der Kurve ist jedoch wesentlich flacher, besonders zwischen M_7 und M_{14}. Wie auch aus der zugehörigen Tabelle ersichtlich, kommt es bei den Armen ebenfalls während der ersten Woche zu einem relativ stärkeren Absinken der oszillographischen Indices gegenüber der Anfangsmessung, als zwischen dem 7. und 14. Tag.

c) Vergleichende Gegenüberstellung der Ergebnisse von Arm- und Beinmessungen.

Beim Vergleich der Veränderungen wird deutlich, daß es bei den unteren Extremitäten, sowohl bei M_7 als auch bei M_{14} zu einem stärkeren Absinken

der oszillographischen Indices gegenüber den Werten der Anfangsuntersuchung M_1 gekommen ist, als dies bei den entsprechenden Messungen an den Armen der Fall war.

Die Kurve für die Armmessungen in Abbildung 27 verläuft in ganzen merklich falcher, besonders aber zwischen M_7 und M_{14}.

d) Kritische Betrachtung und Auslegung der Ergebnisse

Wie eingangs schon angeführt, wird ein arbeitendes Organ oder ein arbeitender Muskel vermehrt durchblutet. Umgekehrt wird in Ruhe die Durchblutung gedrosselt. Die größere Durchblutung ist u.a. abhängig von der augenblicklichen Arbeitsleistung der betreffenden Muskelgruppe, richtet sich also nach funktionellen Erfordernissen.

REIN (34) hat die vermehrte Durchblutung arbeitender Muskeln experimentell nachgewiesen; gleichzeitig werden ruhende Muskelgruppen geringer durchblutet (kollaterale Vasokonstriktion nach HESS). Aus der experimentellen Physiologie und der Pathologie ist bekannt, daß länger dauernde Minderdurchblutung zur Atrophie eines Organs bzw. Muskels führt (nutritive Atrophie nach LETTERER (20)). Untersucht man die Durchblutungsverhältnisse an einem funktionell normal belasteten Organ und bei einem funktionell ruhiggestellten, so ist nach diesen Ausführungen eine Minderdurchblutung des letzteren zu erwarten. Bei längerer Dauer der Ruhigstellung ist mit einer "Inaktivitätsatrophie" zu rechnen.

Eine oszillographisch erfaßbare Minderdurchblutung der ruhiggestellten unteren Extremität während 14-tägiger Bettruhe zeigte sich bei den Messungen in einem größenmäßigen Rückgang der oszillographischen Indices gegenüber der Anfangsmessung zu Beginn der Ruhigstellung.

Wie oben beschrieben ist dieser Rückgang der Oszillationsgröße nicht gleichmäßig. Im Verlauf der ersten Woche ist er ausgeprägter. Dieses Verhalten der oszillographischen Indices dürfte darauf zurückzuführen sein, daß bei der ersten Messung anfangs der Bettruhe die Ergebnisse ein Bild der Durchblutungsverhältnisse vermitteln, wie es bei einer Extremität vorliegt, die nicht ruhiggestellt, physiologischerweise in starkem Wechsel belastet und wieder entlastet wird. Die natürlichen Erfordernisse des Alltags mit der durch ständigen Wechsel von Bewegung und Ruhe bedingten Änderung der Muskeldurch-

blutung und der damit verbundenen Enger- und Weiterstellung der zuführenden Gefäße gewährleistet beim Gesunden ein dauerndes "Training" der Gefäßwände (Auf die Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens wird bei der Besprechung der Stautestergebnisse weiter unten näher eingegangen). Bedenkt man, daß die Patienten kurz vor der Anfangsuntersuchung noch umhergingen, so kann das Ergebnis von M_1 als normaler physiologischer oszillographischer Befund der betreffenden Extremitäten angesehen werden.

Die (relative) Ruhigstellung der untersuchten Gliedmaßen macht in der Folgezeit durch das Fehlen funktionsbedingter Erfordernisse eine Mehrdurchblutung überflüssig. Mit der Verminderung der Durchblutungsgröße kommt es gleichzeitig zu einem größenmäßigen Rückgang der oszillographischen Indices.

Da in den ersten Tagen der Unterschied zwischen Durchblutung bei normaler Bewegungsfunktion und Ruhigstellung am ausgeprägtesten ist, kommt es zwischen M_1 und M_7 zu einem relativ stärkeren Absinken der oszillographischen Indices; der weitere Rückgang zwischen M_7 und M_{14} ist aus diesem Grund größenmäßig geringer, der Kurvenverlauf flacher.

Diese Ergebnisse der Messungen nach der zweiten Woche können so gedeutet werden, daß nach einwöchiger Ruhigstellung mit Fehlen der bewegungsbedingten Anforderungen an vermehrte Durchblutung der Beinmuskeln ein weiteres Absinken der oszillographischen Indices in einer durch zunehmende Muskelatrophie bedingten geringeren Anforderung an die Durchblutungsgröße der Extremität zu suchen wäre.

Causaler Faktor wäre in jedem Falle die Ruhigstellung, die über den Weg einer durch sie bedingten Minderdurchblutung letzlich zu einer Muskelatrophie der betreffenden Extremität führt; diese würde dann wiederum geringere Anforderungen an die Durchblutungsgröße stellen.

Die Ergebnisse der oszillographischen Indices bei den Armmessungen können entsprechend gedeutet werden.

Das wesentlich geringere Absinken der Indexwerte während der gesamten Untersuchungszeit könnte damit erklärt werden, daß eine Ruhigstellung der Arme bei Bettruhe nur angedeutet gewährleistet ist. So kommt es bei länger dauerndem Liegen wohl auch bei den oberen Extremitäten zu einer oszillographisch erfaßbaren Minderdurchblutung, jedoch ist die Bewegungsfunktion der Arme, und damit die Notwendigkeit einer Mehrdurchblutung, weitgehend den Verhältnissen des Alltags angepaßt. Um nur einige Beispiele anzuführen: Ein Buch wird beim

Lesen hochgehalten, oder der Oberkörper wird mit dem Arm abgestützt, Gegenstände werden auf dem Nachttisch abgelegt oder dort weggenommen; ist ein Galgen am Bett angebracht, so zieht sich der Patient von Zeit zu Zeit daran empor. Die Summe all dieser Betätigungen führt letztlich zu einer weit geringeren Verminderung der Durchblutung, als bei den fast völlig ruhiggestellten unteren Extremitäten. Aus diesem Grund ist auch eine Inaktivitätsatrophie an den oberen Extremitäten bei den Untersuchungen nur angedeutet vorhanden, wie dies aus der Abbildung (32) und der zugehörigen Tabelle ersichtlich ist.

Diese Untersuchungsbefunde stehen im Einklang mit den Ergebnissen von SMITH, ALLEN und CRAIG (38), die sich mit der Untersuchung der Zirkulationsgeschwindigkeit bei postoperativer Bettruhe befaßten. Sie wiesen eine Verlangsamung der Blutströmung im Verlauf der ersten Woche auf etwa 50 % bei der Mehrzahl der untersuchten Personen nach, wobei sich die Veränderung der Durchströmung hauptsächlich auf die unteren Extremitäten beschränkte, während die Kreislaufverhältnisse in den Armen weitgehend unverändert blieben. FRIMAN-DAHL (7), WRIGHT, OSBORN und EDMONDS (42) kamen bei ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen; sie wiesen außerdem nach, daß die veränderten Zirkulationsverhältnisse auch bei Bettruhe allein auftraten, nicht nur nach Operationen. Die Untersuchungen von SATORI (36) seien hier nochmals am Rande erwähnt. Mit Hilfe des Äther-Decholintestes war eine deutlich verminderte Rückflußgeschwindigkeit im Bereich der unteren Extremitäten nach achttägiger Bettruhe feststellbar; außerdem war eine Beschleunigung der Blutgerinnung vorhanden.

e) Einfluß des Alters auf die Ergebnisse der oszillographischen Indices (Gruppenvergleich).

Bietet die graphische Darstellung der Ergebnisse bei allen drei Gruppen im Verlauf der Ruhigstellung auch ein ähnliches Bild, so zeigt sich doch ein quantitativ unterschiedliches Verhalten der oszillographischen Indices.

Beim Vergleich der Indexwerte der Beine fällt auf, daß der Rückgang gegenüber der Anfangsmessung nach einer Woche bei der Gruppe 1 am ausgeprägtesten ist, bei der Gruppe 3 am geringsten. Diese Relation ist auch nach Ablauf von 14 Tagen vorhanden.

Weiterhin zeigt die Abbildung 26 für die Gruppe 3 einen nahezu gleichmäßigen Abfall der Oszillationsgröße zwischen M_1 und M_{14} mit wesentlich geringerem Kurvenknick bei M_7 als bei Gruppe 1 und 2.

Während das Verhalten der oszillographischen Indices während der ersten sieben Tage bei den einzelnen Gruppen deutliche Unterschiede aufweist, vollzieht sich das weitere Absinken der oszillographischen Indices in der zweiten Woche bei allen drei Gruppen in fast gleichem Maße: sämtliche Kurven verlaufen zwischen M_7 und M_{14} nahezu parallel. In der Tabelle variiert die Differenz der Werte von M_7 und M_{14} zwischen einem Rückgang der oszillographischen Indices von 10,6 % bei der Gruppe 1 und 8,4 % bei der Gruppe 3; Gruppe 2 weist einen Rückgang der oszillographischen Indices von 9,8 % während der zweiten Woche auf.

Da die Durchblutungsgröße einer Extremität von ihrem Gebrauch abhängig ist, könnte das unterschiedliche altersabhängige Verhalten der oszillographischen Indices in einer unterschiedlichen Bewegungsfunktion der betreffenden Gliedmaßen bei den einzelnen Altersgruppen gesehen werden. Als Grund für ein stärkeres Absinken der Oszillationsgröße an den unteren Extremitäten bei jugendlichen Patienten während der ersten Woche könnte angeführt werden, daß die Bewegung der Beine in jugendlichem Alter eine größere Rolle spielt. Für diese Patientengruppe würde die plötzliche Bettruhe und Bewegungslosigkeit eine größere Veränderung gegenüber den Anforderungen des Alltags bringen; die Umstellung, die Durchblutung betreffend, wäre eine größere. Neben dieser, vom Umfang der Bewegung abhängigen Anforderung an die Durchblutungsgröße, dürften aber bei dem altersverschiedenen Verhalten der oszillographischen Indices auch die in der Jugend allgemein bessere Durchblutung der Muskulatur von Bedeutung sein. Auch beim Gefäßgesunden kommt es in fortgeschrittenem Alter physiologischerweise zu einer stetigen Verschlechterung der Durchblutungsverhältnisse. In pathologischen Fällen mit organischen, altersbedingten Gefäßveränderungen finden diese Erscheinungen ihren Ausdruck in Durchblutungsstörungen. Zunächst zeigt sich Mangeldurchblutung nur bei vermehrter Anforderung unter Bewegungsarbeit als Claudicatio intermittens, später wird die Blutversorgung auch den Erfordernissen in Ruhe nicht mehr gerecht. Beim Gefäßgesunden höheren Alters hat sich die Normaldurchblutung der Extremitäten einem Wert angepaßt, der den in diesem Zeitraum geringeren Leistungserfordernissen entspricht. Bei älteren Menschen ist die Größe der Blutversorgung der unteren Extremitäten zu Beginn der Untersuchungen schon dem Wert angenähert, der auch bei späteren Messungen nach Ruhigstellung gefunden wird. Der Unterschied zwischen der schon physiologischerweise herabgesetzten Durchblutung und der durch Ruhigstellung bedingten Minderdurchblutung der Beine ist weniger ausgeprägt.

Betrachtet man dagegen das Verhalten der oszillographischen Indices bei

den Armmessungen, so zeigen sich kaum Unterschiede bei den einzelnen Gruppen. In Abbildung 27 findet man bei allen drei Kurven fast denselben Verlauf.

Die Ursache für dieses Verhalten der oszillographischen Indices dürfte einerseits in der oben angeführten erhaltenen Bewegungsfunktion der oberen Extremitäten während der Bettruhe zu suchen sein; daneben bestehen wohl auch primär, was den Gebrauch anbetrifft, nicht so deutliche altersbedingte funktionelle Unterschiede wie beispielsweise bei den Beinen.

2. EINFLUSS DER RUHIGSTELLUNG AUF DAS GEFÄSSREAKTIONSVERMÖGEN

Besprechung der Stautestzahlen:

a) Veränderungen der Stautestzahlen bei den Beinmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe

Betrachtet man die Abbildung 29 und die entsprechende Tabelle, so findet sich ein Rückgang der Stautestzahlen als Zeichen einer verminderten Ausschlagserhöhung beim Stautest, jeweils im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index.

Dieses Verhalten ist allen drei Gruppen gemeinsam. Auf die quantitativen Unterschiede der Stautestzahlen bei den einzelnen Gruppen und auf ihre verschieden große Veränderungen soll weiter unten bei der Gegenüberstellung der Gruppenergebnisse zur Untersuchung des Alterseinflusses näher eingegangen werden.

Ferner weisen alle drei Kurven als Zeichen eines stärkeren Rückgangs der Stautesterhöhung im Verlauf der ersten Woche hier einen steileren Verlauf auf. Die Veränderungen der Stautestzahlen sind während der zweiten Woche geringer. Daraus resultiert bei allen Gruppen ein flacherer Kurvenverlauf zwischen M_7 und M_{14}, sowie ein Kurvenknick bei M_7.

So erfolgte beispielsweise bei der Gruppe 1 am ersten Tag auf Staureiz eine Oszillationserhöhung von 25,7 % im Vergleich zum zugehörigen oszillographischen Index. Nach einer Woche war nach Stauung nur noch eine Ausschlagserhöhung von 15,5 % in Bezug zum zugehörigen oszillographischen Index

zu verzeichnen. Am 14. Tag war die Stautesterhöhung auf 10,4 % der Größe des zugehörigen oszillographischen Index zurückgegangen.

b) Veränderungen der Stautestzahlen bei den Armmessungen im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe

Aus Abbildung 28 und aus der dazugehörigen Tabelle wird ersichtlich, daß die größenmäßige Abnahme der Stautestzahlen an den Armen bei allen drei Gruppen nur gering ist.

Daneben ist der Rückgang während beider Wochen nahezu gleichmäßig. Daraus resultiert bei allen Gruppen - auf quantitative Unterschiede zwischen den einzelnen Altersgruppen wird unten ausführlich eingegangen - ein flacher, nahezu linearer Kurvenverlauf zwischen M_1 und M_{14}.

c) Vergleichende Gegenüberstellung der Ergebnisse von Arm- und Beinmessungen

Beim Vergleich von Abbildung 28 und Abbildung 29 fällt auf, daß die größenmäßige Abnahme der Stautestzahlen bei sämtlichen Gruppen an den Armen wesentlich geringer ist als an den Beinen. Dasselbe zeigt sich bei der Betrachtung der zugehörigen Tabellen.

d) Kritische Betrachtung und Auslegung der Ergebnisse

Wie schon verschiedentlich erwähnt, ist die Durchblutungsgröße einer Extremität der jeweiligen Arbeitsleistung angepaßt. Diese Anpassung an die Arbeitsleistung erfolgt - abgesehen von zentralen Mechanismen und Änderungen des Herzminutenvolumens - lokal durch Enger- oder Weiterstellung der zuführenden Gefäße. Sieht man einmal von der Herzleistung und den übrigen Faktoren ab, so muß, soll es nicht zu Regulationsstörungen kommen, die Weitenänderung der Gefäße einwandfrei funktionieren.

Beim Gesunden bedeutet der Alltag mit seiner durch ständigen Wechsel von Bewegung und Ruhe bedingten Änderung der Gefäßweite ein dauerndes "Training" der Blutgefäße. So bleibt im Verein mit der übrigen Kreislaufregulation ein harmonisches Zusammenspiel der Weitenänderung der Gefäße, sowohl auf arteriellem, als auf venösem Sektor gewährleistet. Werden durch Ruhigstellen der Glied-

maßen diese physiologischen Reize für die pripheren Gefäße unterbunden, so kommt es nach einiger Zeit zu einem Nachlassen des Gefäßreaktionsvermögens.

Der Umfang der reaktiven Hyperaemie einer Extremität wird mit Hilfe des Stautests oszillographisch erfaßt. Das durch Ruhigstellung beeinträchtigte Gefäßreaktionsvermögen zeigt sich in einem größenmäßigen Rückgang der Stautesterhöhung beim Vergleich mit dem zugehörigen oszillographischen Index.

Auf Grund der früheren Ausführungen ist es verständlich, daß es bei den fast völlig ruhiggestellten Beinen zu einer sehr starken Beeinträchtigung des Gefäßreaktionsvermögens kommt. Die währenddessen in ihrer Bewegungsfunktion nur wenig eingeschränkten Arme entbehren des physiologischen Reizes zur Weitenänderung ihrer Gefäße in nur unbedeutendem Maße. Wie bei der Besprechung der oszillographischen Indices der Arme beschrieben, kommt es bei Bettruhe auch bei den oberen Extremitäten zu einem geringgradigen Absinken der Indexwerte; wird aber durch Stauung ein Reiz zur reaktiven Hyperaemie und Gefäßerweiterung ausgelöst, so geht die mit dem Stautest erfaßbare Oszillationserhöhung im Verlauf von 14 Tagen nur unwesentlich zurück.

Das unterschiedliche Verhalten der Stautestzahlen der Arme und Beine mit dem flacheren Kurvenverlauf der Armwerte im Schaubild dürfte so mit der unterschiedlich erhaltenen Bewegungsfunktion zu erklären sein.

e) Einfluß des Alters auf die Ergebnisse der Stautestuntersuchungen (Gruppenvergleich)

Wie aus Abbildung 29 und der dazugehörigen Tabelle ersichtlich, kommt es bei der Gruppe 1 beim Stautest der Beine bei sämtlichen Messungen (M_1, M_2, M_{14}) zu der größten Ausschlagserhöhung. Bei Gruppe 3 erhält man beim Stautest die geringste Oszillationserhöhung; die Werte der Gruppe 2 liegen jeweils zwischen denen der beiden anderen Gruppen.

Dieses unterschiedliche Verhalten der Stautestzahlen, als dem größenmäßigen Ausdruck der reaktiven Hyperaemie, dürfte mit seinen Grund haben in den physiologischen, altersabhängigen, anatomischen Veränderungen der Gefäßwände, wie sie auch beim Gefäßgesunden höheren Alters zu finden sind. Da die Durchströmungsgröße einer bestimmten Muskelgruppe von der jeweiligen Arbeitsleistung, ihr Gefäßreaktionsvermögen vom Ausmaß und der Häufigkeit des Wechsels zwischen erforderlicher Mehrdurchblutung bei Bewegung und normaler Ruhedurchblutung abhängig ist, darf weiter angenommen werden,

daß bei jugendlichen Personen das "Mehr" an Bewegung und Arbeitsleistung - über den Weg des intensiveren Gefäßtrainings - zu einem besseren Gefäßreaktionsvermögen gegenüber älteren Menschen führt. Das altersverschiedene Ausmaß der reaktiven Hyperaemie scheint so, außer von physiologischen anatomischen Veränderungen der Gefäßwände, von dem Umfang der täglichen Bewegung beeinflußt zu sein.

Entsprechend führt die plötzliche Ruhigstellung bei der Gruppe 1, deren bessere Stautestergebnisse ja durch die vermehrte Bewegung im jugendlichen Alter erklärt wurden, zu einem relativ stärkeren Absinken der Stautestwerte während der ersten Woche. Dies zeigt sich in einem steileren Verlauf der Kurve zwischen M_1 und M_7. Die der altersmäßigen Zwischenstellung der Gruppe 2 entsprechenden Ergebnisse stehen in Einklang mit obigem Erklärungsversuch.

Bei dem Vergleich der Stautestergebnisse der Arme findet sich - wie bei den Untersuchungen an den Beinen - eine altersabhängige Intensität der Stautesterhöhung.

Außer dem schon oben auf die fast völlig erhaltene Bewegungsfähigkeit der Arme zurückgeführten, größenmäßig nur geringen Absinken der Stautestwerte fällt auf, daß die quantitativen Unterschiede der Stautestzahlen zwischen den einzelnen Altersgruppen bei den Armmessungen geringer sind als bei den Beinen. Letzteres scheint - wie bei der Besprechung der oszillographischen Indices schon angedeutet - durch physiologischerweise geringere Unterschiede der Bewegungsfunktion der Arme bei allen Altersgruppen bedingt zu sein.

IX. WEITERE UNTERSUCHUNGEN

1. MEDIKAMENTÖSE BEEINFLUSSUNG DER OSZILLOGRAPHISCHEN ERGEBNISSE DURCH ANTIKOAGULANTIEN

Da ein Teil der untersuchten Patienten während der Bettruhe mit Antikoagulantien der Dicumarolreihe behandelt wurde, ergab sich so die Möglichkeit, gleichzeitig einen eventuellen oszillographisch nachweisbaren Einfluß auf die Extremitätendurchblutung und das Gefäßreaktionsvermögen nebenher noch zu untersuchen.

Es darf in diesem Zusammenhang auf die Arbeiten von MATIS, SCHEELE (37) und DORTENMANN (5) hingewiesen werden. DORTENMANN untersuchte Kranke, die längere Zeit bettlägerig waren nach Gaben von Vitamin B_1-haltigem Roßkastanienextrakt oszillographisch bei besonderer Berücksichtigung des oszillographischen Stautestes. Es kam danach praktisch immer zu einem Absinken der oszillographischen Indices, bei gleichzeitigem Anstieg der Werte des oszillographischen Stautestes. Auf die Deutung dieser Untersuchungsergebnisse soll hier nicht weiter eingegangen werden; es sei nur betont, daß in diesem Falle das Absinken der oszillographischen Indices mit einer Weiterstellung des Endstromgebietes und so mit einer Verminderung des peripheren Gefäßwiderstandes zusammenhängt, also keineswegs das Zeichen einer geringeren Durchblutung ist.

Im Gegensatz dazu wurde in den vorliegenden Untersuchungen unter Gaben von Antikoagulantien keine Veränderungen der oszillographischen Indices und der Stautestzahlen beobachtet. Dies erscheint auch nicht verwunderlich, denn die vorliegenden Medikamente der Dicumarolreihe beeinflussen das Blutgerinnungssystem (23); pharmakologisch ist eine wesentliche Einwirkung auf den Tonus der Gefäßwände nicht zu erwarten. Dagegen besitzt das von DORTENMANN untersuchte Medikament eine ausgesprochene gefäßwandtonisierende Wirkung (22, 36, 37). Dies führte zu der Annahme, daß es infolge erhöhter Tonisierung des venösen Gefäßbereichs zum besseren Abtransport des Blutes kommt und damit zu einer Vergrößerung des arteriellen Zustroms. Wenn keine oszillographischen Veränderungen bei Gaben von Dicumarolderivaten nachweisbar waren, so darf andererseits die Genauigkeit der oszillographischen Technik nicht überschätzt werden (13). Zur Erfassung von sehr geringen Änderungen der Durchströmungsgröße erscheint die Oszillographie mit der pneumatischen Druckübertragung und der mechanischen Aufzeichnung durch Schreibarme nur beschränkt geeignet.

Daneben muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß sich die Möglichkeit dieser Untersuchungen nur rein zufällig ergab; als sich beim Vergleich der oszillographischen Ergebnisse von je 20 Personen mit und ohne Gabe von Antikoagulantien kein verwertbaren Unterschiede der Meßergebnisse zeigten, wurden diese Untersuchungen nicht weitergeführt.

2. UNTERSUCHUNG DER GRÖSSE DES MUSKELSCHWUNDES WÄHREND 14-TÄGIGER RUHIGSTELLUNG

Zur Untersuchung der Inaktivitätsatrophie im Verlauf der Bettruhe wurden die Umfangsmaße an den Armen und Beinen kontrolliert.

Untersuchungsgang:

Die Umfangsmaße der Extremitäten wurden jeweils zusammen mit den oszillographischen Messungen am ersten, am 7. und 14. Tag bestimmt.

Die Umfangsmessungen wurden durchgeführt an:

a) den Oberschenkeln (15 cm proximal des oberen Patellarandes),
b) den Waden (am größten Umfang),
c) den Oberarmen (am größten Umfang).

So erhielt man beim Vergleich der Meßergebnisse von M_7 (= Messung am 7. Tag) und M_{14} (= Messung am 14. Tag) mit den Ergebnissen der Anfangsmessung (M_1) die ruhebedingte Abnahme der Umfangsmaße als Zeichen einer Atrophie der betreffenden Extremität.

Da Personen mit klinisch nachweisbaren Oedemen zu den Untersuchungen nicht herangezogen wurden, darf die Umfangsminderung in erster Linie als Zeichen einer Inaktivitätsatrophie angesehen werden, während klinisch vorher nicht erkennbare Oedeme dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen dürften.

Auch diese Untersuchungen wurden getrennt nach Altersgruppen durchgeführt und ausgewertet um eventuell auftretende altersbedingte Unterschiede erfassen zu können (Das Patientengut war das gleiche wie bei den oszillographischen Untersuchungen).

Die durchschnittliche Umfangsminderung der betreffenden Extremität

während der Bettruhe ist für die verschiedenen Gruppen in den nachstehenden Tabellen eingetragen.

		M_7	M_{14}
Oberschenkel	Gruppe 1	- 0,7 cm	- 1,7 cm
	Gruppe 2	- 0,5 cm	- 1,6 cm
	Gruppe 3	- 0,5 cm	- 1,5 cm

		M_7	M_{14}
Wade	Gruppe 1	- 0,3 cm	- 1,0 cm
	Gruppe 2	- 0,4 cm	- 0,9 cm
	Gruppe 3	- 0,3 cm	- 0,9 cm

		M_7	M_{14}
Oberarm	Gruppe 1	- 0,2 cm	- 0,3 cm
	Gruppe 2	- 0,2 cm	- 0,2 cm
	Gruppe 3	- 0,3 cm	- 0,2 cm

Erklärung: Unter M_7 findet sich jeweils die Umfangsabnahme gegenüber er ersten Messung in cm, gemessen nach 7 Tagen. Unter M_{14} ist die Abnahme gegenüber der ersten Messung nach 14 Tagen eingetragen (M_7 = Messung nach 7 Tagen, M_{14} = Messung nach 14 Tagen).

Eine graphische Darstellung dieser Ergebnisse für die einzelnen Meßstellen geben die Abbildungen 30 bis 32.

Erklärung zu den Abbildungen 30, 31 und 32: Auf der Abszisse sind die Zeitpunkte der verschiedenen Messungen aufgezeichnet, auf der Ordinate die Abnahme des Umfangs in Zentimetern gegenüber der Erstmessung (M_1). Gruppe 1 = gestrichelt; Gruppe 2 ausgezogener Strich; Gruppe 3 gepunktet.

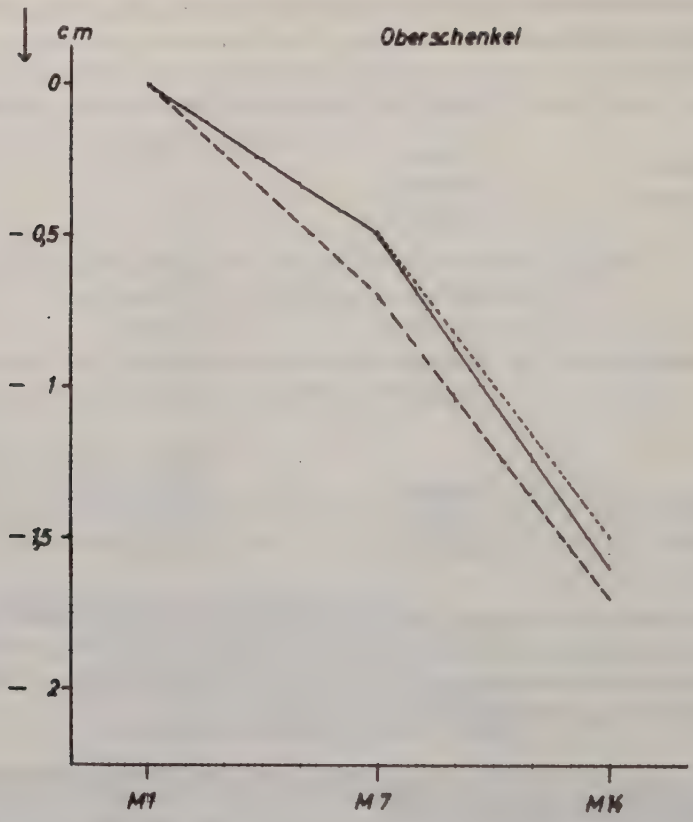


Abb. 30

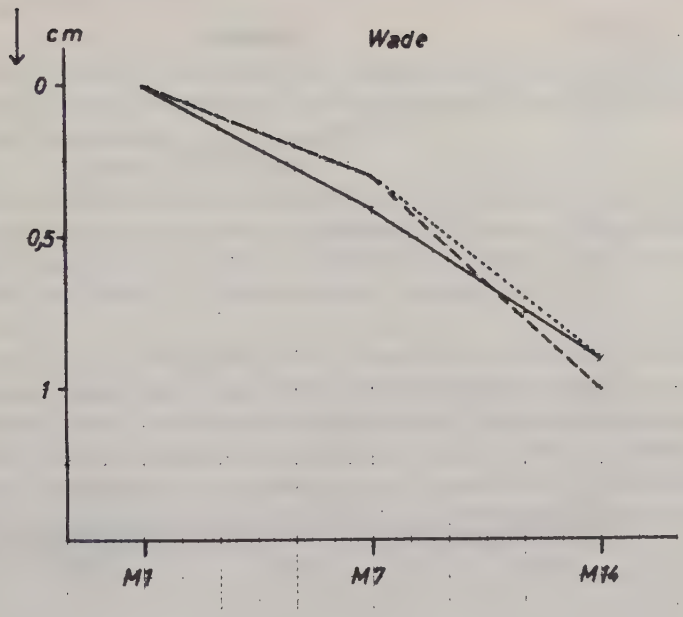


Abb. 31

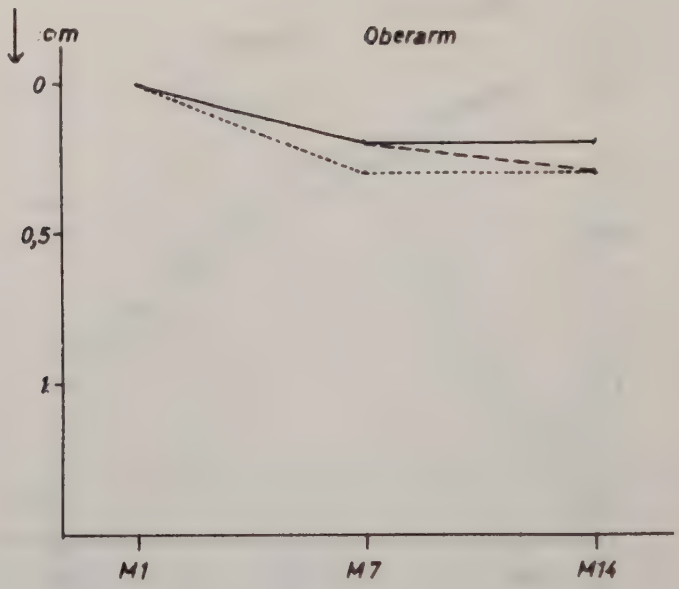


Abb. 32

Text und Erklärung zu den Abbildungen auf Seite 69.

Besprechung der Ergebnisse der Umfangsmessungen

Da, wie zuvor schon angeführt, Personen mit klinisch nachweisbaren Oedemen zu den Untersuchungen nicht herangezogen wurden, darf die Umfangsminderung in erster Linie als Zeichen einer Inaktivitätsatrophie angesehen werden, während klinisch vorher nicht erkennbare statische Oedeme dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen dürften.

Aus den Tabellen und den dazugehörigen Abbildungen ist ersichtlich, daß es am Oberschenkel und an der Wade im Verlauf der 14-tägigen Ruhigstellung zu einer deutlichen Atrophie der Muskulatur kommt. Dagegen bewegen sich die Meßergebnisse der Arme zwischen einer Abnahme von 0,2 und 0,3 cm, so daß eine Atrophie der Armmuskulatur praktisch nicht nachweisbar ist. So findet

sich auf den Abbildungen 30 und 31 (im Gegensatz zu Abbildung 32) auch ein Abfall der Kurve.

Es besteht also ein deutlicher Unterschied zwischen der fast völlig ruhiggestellten unteren Extremität und den Armen, deren Bewegungsfunktion nur wenig eingeschränkt ist.

Weiter fällt auf, daß die Umfangsmaße an der unteren Extremität im Verlauf der 14 Tage nicht gleichmäßig abnehmen. Es kommt in der zweiten Woche zu einer stärkeren Atrophie. In den Abbildungen 30 und 31 zeigt sich dies in einem steileren Kurvenverlauf während der zweiten Woche.

Vergleicht man die Ergebnisse der einzelnen Altersgruppen, so findet man kaum einen Unterschied. Lediglich am Oberschenkel ist bei der Gruppe 1 gegenüber den beiden anderen Gruppen eine um 0,2 cm stärkere Abnahme festzustellen. Ansonsten betragen die Unterschiede nur 0,1 cm, so daß mit Ausnahme des Oberschenkels, bei dem sich beim jugendlichen Patienten eine geringgradig stärkere Umfangsabnahme zeigt, ein altersabhängiger Einfluß auf die Atrophie nicht nachweisbar ist.

X. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Veränderung der peripheren Durchblutung und des Gefäßreaktionsvermögens bei über 14-tägiger Bettruhe.

Untersucht wurden 106 Personen, die wegen chirurgischer Erkrankungen Bettruhe einhalten mußten und bei denen weder klinisch noch oszillographisch Durchblutungsstörungen nachgewiesen werden konnten.

Eine Unterteilung in drei Altersgruppen erschien angebracht, um altersabhängige Unterschiede erfassen zu können.

Als Untersuchungsmethode wurde die Pulswellenschreibung mit dem Oszillographen nach GESENIUS und KELLER gewählt mit Meßstellen an den oberen und unteren Extremitäten. Es wurden bei jedem Patienten oszillographische Untersuchungen zu Beginn der Bettruhe durchgeführt; gemessen wurde dabei jeweils die absolute Pulswellengröße in verschiedenen Standardableitungen (Normaloszillogramm), sowie die Pulswellenerhöhung nach kurzdauernder arterieller Drosselung im Zuge der reaktiven Hyperaemisierung (oszillographischer Stautest). Die Ergebnisse dieser Erstmessung wurden als Ausgangs- und Vergleichswerte benützt. Sie wurden mit den Ergebnissen weiterer oszillographischer Messungen vom 7. und vom 14. Tag verglichen, um das Ausmaß der Durchblutungsänderung und der Veränderung des Gefäßreaktionsvermögens nach Verlauf der ersten und der zweiten Woche beurteilen zu können.

Ausgehend von der Überlegung, daß die Bewegungsfunktion der unteren Extremitäten bei längerer Bettruhe in stärkerem Maße beeinträchtigt sei als die der oberen Gliedmaßen, wurden weiterhin die Ergebnisse der Arm- und Beinmessungen einander gegenübergestellt.

Zusammenfassend erhielt man folgende Ergebnisse:

Im Verlauf der 14-tägigen Bettruhe kommt es zu oszillographischen Veränderungen im Sinne einer Abnahme der absoluten Pulswellengröße und zu einer Verminderung des Pulswellenanstiegs nach arterieller Drosselung, die als Ausdruck einer ruhebedingten Minderdurchblutung und eines Nachlassens des Gefäßreaktionsvermögens aufzufassen sind.

Die Veränderungen vollziehen sich in diesem Zeitraum nicht gleichmäßig:

das Ausmaß der oszillographischen Veränderungen (Abnahme des oszillographischen Index und der Stautestzahl) ist während der ersten und der zweiten Woche verschieden. Beim Vergleich der Meßergebnisse vom 7. und vom 14. Tag mit den Werten der Erstmessung zeigt sich ein relativ stärkerer Rückgang der Werte für den oszillographischen Index und die Stautestzahl nach Verlauf der ersten Woche.

Deutliche Unterschiede bringt die Gegenüberstellung der Ergebnisse von Arm- und Beinmessungen. Dabei finden sich wesentlich stärkere rückläufige Veränderungen bei den oszillographischen Indices und Stautestzahlen der unteren Gliedmaßen, während die Werte bei den Armen nur geringfügig verändert sind. Es wurde dies damit zu erklären versucht, daß die Bewegungsfunktion der Arme im Gegensatz zu den fast völlig ruhiggestellten unteren Extremitäten viel weniger eingeschränkt ist. Über den Weg eines weitgehend erhaltenen Gefäßtrainings auf Grund der geringeren Bewegungseinschränkung wird die Durchblutung und das Gefäßreaktionsvermögen bei den oberen Extremitäten nur geringfügig beeinträchtigt.

Beim Gruppenvergleich zur Erfassung des Einflusses des Lebensalters waren ebenfalls Unterschiede zu erkennen. So brachte die Erstuntersuchung eine altersabhängige Stufung mit den höchsten Werten für die oszillographischen Indices und die Stautestzahlen bei der Gruppe 1 (Alter bis 35 Jahre).

Bei der Erklärung dieser unterschiedlichen Ergebnisse wurden die Arbeiten von REIN angeführt, der experimentell nachwies, daß die Durchblutungsintensität der Muskulatur von der jeweiligen Arbeitsleistung abhängig ist und daß es umgekehrt in Ruhe zu einer Drosselung der Durchströmung kommt. In der vermehrten Bewegung der Extremitäten bei jüngeren Menschen mit den sich zwangsläufig daraus ergebenden erhöhten Anforderungen an die Durchblutung der Muskulatur kann daher der wesentliche Grund für die höheren oszillographischen Werte der Gruppe 1 zu Beginn der Bettruhe gesehen werden. Die physiologischerweise mit zunehmendem Alter auftretenden anatomischen Gefäßveränderungen dürften dabei erst in zweiter Linie eine Rolle spielen, da nur Personen zur Untersuchung herangezogen wurden, bei denen weder klinisch noch oszillographisch Durchblutungsstörungen nachgewiesen werden konnten.

Gleichzeitig schafft der häufige Wechsel zwischen Bewegung und Ruhe über den Weg eines intensiven Gefäßtrainings die besten Voraussetzungen für ein gut funktionierendes Gefäßreaktionsvermögen. Mit fortschreitendem Alter nimmt die Summe und die Intensität der täglichen Bewegung ab; die normale

Durchblutung der Extremitäten und das Gefäßreaktionsvermögen entsprechen in höherem Alter dem zu diesem Zeitpunkt geringeren Ausmaß an Bewegung und den damit geringeren Anforderungen an die Muskeldurchblutung. Dies erschien neben den schon oben erwähnten physiologischerweise im Alter auftretenden anatomischen Gefäßveränderungen der wesentliche Grund für die bei der Erstuntersuchung gefundene altersabhängige Stufung der oszillographischen Meßergebnisse mit den größten Pulswellenausschlägen bei den jüngeren Patienten, sowohl beim Normaloszillogramm, als auch besonders beim oszillographischen Stautest zur Untersuchung des Gefäßreaktionsvermögens.

Nach Verlauf einer Woche fand sich bei den Patienten der Gruppe 1 (bis 35 Jahre) eine relativ stärkere Abnahme der oszillographischen Indices und der Stautestzahlen, während die Ergebnisse bei der Gruppe 3 (über 55 Jahre) weniger stark von den Werten der Erstuntersuchung zu Beginn der Ruhigstellung abwichen, und die Ergebnisse der Gruppe 2 (35 bis 55 Jahre) größenmäßig zwischen denen der beiden anderen Gruppen lagen. Dies wiederum steht in Einklang mit den obigen Erklärungsversuchen; die plötzliche Bettruhe, mit dem Verlust des die oszillographischen Ergebnisse zuvor stark beeinflussenden größeren Ausmaßes an Bewegung, führt bei jüngeren Personen zu einer relativ stärkeren Abnahme der Index- und Stauteswerte im Verlauf der ersten Woche. Umgekehrt zeigt es sich bei älteren Patienten, daß die Veränderungen der oszillographischen Meßergebnisse bei Ruhigstellung umso geringer sind, je weniger die bewegungs- und funktionsbedingte Mehrdurchblutung einen Einfluß auf die Anfangsmessung hatte.

Im Verlauf der zweiten Woche war der Rückgang der oszillographischen Indices und der Stautestzahlen bei allen drei Gruppen nahezu gleich; dies erschien als weiterer Hinweis, daß die altersabhängigen Unterschiede der Anfangsmessung und die verschieden starken (rückläufigen) Veränderungen der oszillographischen Werte während der ersten Woche in erster Linie durch ein quantitativ verschiedenes Ausmaß an Bewegung der Extremitäten vor der Bettruhe bedingt war.

Außerdem wurde noch geprüft, ob es bei Gaben von Antikoagulantien zu einer oszillographisch erfaßbaren Veränderung der Durchblutung oder des Gefäßreaktionsvermögens kommen würde. Ein Einfluß auf die oszillographischen Ergebnisse konnte dabei nicht festgestellt werden.

Abschließend wurde noch die Größe der Umfangsminderung an Armen und Beinen während der Bettruhe untersucht.

Hier zeigten sich ebenfalls Unterschiede zwischen oberen und unteren Extremitäten. Während an den Beinen eine deutliche Abnahme der Umfangsmaße nachweisbar war, konnte diese an den Armen praktisch nicht gefunden werden; sie war am Oberschenkel ausgeprägter als an der Wade. Da Personen mit klinisch nachweisbaren Oedemen zu den Untersuchungen nicht herangezogen wurden, wurde die Umfangsminderung an den unteren Extremitäten in erster Linie als Folge einer Inaktivitätsatrophie gedeutet, während klinisch vorher nicht erkennbare Oedeme dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen dürften. Es fiel weiter auf, daß die Umfangsminderung an den unteren Gliedmaßen im Verlauf der zweiten Woche relativ stärker war, und daß umgekehrt die oszillographischen Veränderungen (mit Rückgang der Indices und der Stautestzahlen) nach Verlauf der ersten Woche (bei Vergleich zur Anfangsuntersuchung) relativ größer waren.

Die causale Genese dieser Umfangsminderung der Beinmuskulatur kann in der ruhebedingten Minderdurchblutung und den Auswirkungen auf das Gefäßreaktionsvermögen, die oszillographisch schon nach der ersten Woche nachweisbar sind und in diesem Zeitraum am relativ stärksten auftreten, während umgekehrt die Atrophie erst nach Verlauf der zweiten Woche deutlich wird.

Es konnte so mit Hilfe der oszillographischen Untersuchungstechnik und gleichzeitiger Kontrolle der Umfangsmaße der Extremitäten aufgezeigt werden, daß es bei längerdauernder Bettruhe zu einer, in ihrer Größe weitgehend altersabhängigen Verminderung der Durchblutung und zu einer Einschränkung des Gefäßreaktionsvermögens speziell an den Beinen kommt, und daß dies schon zu einem Zeitpunkt nachgewiesen werden kann, an dem eine Umfangsminderung der Muskulatur als Ausdruck einer Inaktivitätsatrophie noch nicht vorhanden ist.

Klinische Nutzanwendung

Die Ergebnisse der oszillographischen Untersuchungen zeigen den Einfluß der Ruhigstellung auf die Durchblutungsverhältnisse der Extremitäten, mit einer vom Ausmaß der Inaktivität abhängigen Minderdurchblutung und einem Nachlassen des Gefäßreaktionsvermögens. Sie geben so einen Hinweis, daß durch möglichst frühzeitige selbsttätige Bewegung, sei es in Form von Frühaufstehen nach operativen Eingriffen oder in Form von gymnastischen Übungen, einer ruhebedingten Minderdurchblutung und einem Nachlassen des Gefäßreaktionsvermögens weitgehend vorgebeugt werden könnte. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen wäre so die Folgerung zu ziehen, daß selbsttätige Bewegungsübungen über eine funktionelle Mehrdurchblutung und über ein Training des

Gefäßreaktionsvermögens die Durchströmungsverhältnisse im Bereich der unteren Extremitäten im Sinne einer geringeren Thromboseanfälligkeit zu beeinflussen vermögen.

Damit unterstreichen die Untersuchungen die Nützlichkeit und Zweckmäßigkeit der Bewegungstherapie als Prophylaxe gegen eine ruhebedingte Thromboseanfälligkeit.

XI. LITERATURVERZEICHNIS

1) Amann, G. : "Methodisches zur Gefäßoszillographie", Die Medizinische 1956, 416

2) Baur, H. : Münch. med. Wschr. 97 (1955) 37

3) Büchner, F. : "Allgemeine Pathologie", Urban und Schwarzenberg, München - Berlin, 1956

4) Dortenmann, S. : Die Medizinische 20 (1953) 682

5) Dortenmann, S. : Die Medizinische 21 (1953)

6) "Durchblutungsfibel" : Scripta Promotioni Medicinae, Fa. Klinge GmbH, München 1956

7) Friman-Dahl, J. : Acta chir. Scand. 1935 / Suppl. 76

8) Grewe, H.E. : "Untersuchungen über die medikamentöse Gefäßerweiterung bei peripheren Durchblutungsstörungen", Ärztl. Wschr. 11 (1956) 853

9) Golenhofen, K. und Hildebrandt, G. : "Reaktion der menschlichen Muskelgefäße auf Durchblutungsdrosselung", Pflügers Arch. 264 (1957) 492

10) Golenhofen, K. und Hildebrandt, G. : "Die Muskeldurchblutung des Menschen nach arterieller Drosselung", Abstr. Internat. Physiol. Kongr. Brüssel 1956 / 354, zit. nach Hildebrandt, G.: Oszillographische Praxis (13)

11) Hoff, F. : "Klinische Physiologie und Pathologie" Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1957

12) Hildebrandt, G. und Hanke, O. : Zur Bewertung der Oszillographie nach Gesenius und Keller, Ärztl. Wschr. 9 (1954) 970

13) Hildebrandt, G. : "Oszillographische Praxis", Bosch und Speidel, Jungingen, 1958

14) Hess, W.R. : "Regulationen des Blutkreislaufs", Leipzig 1930 (zit. nach Rein (34))

15) Kaindl, F. : "Diagnostik peripherer arterieller Durchblutungsstörungen", Wien. klin. Wschr. 66 (1954) 533

16) Kuhlenkampff : Zbl. Chirurg. 1938, 1258

17) Kühlmayer, R. und Chott, F. : Münch. med. Wschr. 97 (1955) 1309

18) Läwen : Zbl. Chirurg. 1938, 1089

19) Lenggenhager, K. : "Über die Entstehung, Erkennung und Vermeidung der postoperativen Fernthrombose", Georg Thieme Verlag Stuttgart 1948

20) Letterer, E. : "Allgemeine Pathologie", Georg Thieme Verlag Stuttgart 1959

21) Lewis, D., Walters, W. : Practice of Surgery, Volume XII, Chapter 5B, Thrombophlebitis and Phlebothrombosis

22) Naegeli, Th., Matis, P., Schmiederer, H. : Medizinische 36 (1955) 1309

23) Naegeli, Th. und Matis, P. : "Die thrombembolischen Erkrankungen und ihre Behandlung", Schattauer Verlag, Stuttgart 1955

24) Naegeli, Th. und Dortenmann, S. : "Die thrombembolischen Erkrankungen und ihre Behandlung", Schattauer Verlag 1955

25) Netzer, C.O. : "Die Wirkung von Vasculat auf die Extremitätendurchblutung", Klin. Wschr. 30 (1952) 408

26) Netzer, C.O. : "Die Deutung der oszillographischen Kurve und ihrer Formänderungen durch lokale und allgemeine Gefäßbeeinflussung", Zbl. Chirurg. 78 (1953) H. 36

27) Netzer, C.O. : "Diagnostik und Untersuchungstechnik der peripheren Durchblutungsstörungen", Med. Klinik, 48 (1953) 1047

28) Nieht, H. : "Behandlung arterieller Durchblutungsstörungen mit Hydergin", Die Medizinische, 1952, 1116

29) Rehn, E. : Dtsch. med. Wschr. 72 (1947) 18

30) Rehn, E. : Dtsch. med. Wschr. 72 (1947) 595

31) Ratschow, M. : "Die peripheren Durchblutungsstörungen", Steinkopff, Dresden-Leipzig, 1953

32) Ratschow, M. : "Oszillographische Untersuchungen bei peripheren Durchblutungsstörungen", Dtsch. med. Wschr., 1954, 1232

33) v.Recklinghausen, H. : Blutdruckmessung und Kreislauf in den Arterien der Menschen", Steinkopff, Dresden-Leipzig 1940, zit. nach Hildebrandt, Oszill. Praxis

34) Rein, H. : "Physiologie des Menschen", (Hrsg. v.Schneider, M.) Springer Verlag, Berlin-Göttingen - Heidelberg, 1955

35) Rein, H. : "Vasomotorische Regulationsstörungen", 23 / 28, 1931, (zit. von Rein, H. in "Physiologie des Menschen")

36) Sartori, C. : Münch. med. Wschr. 13 (1958) 481-485

37) Scheele, J. und Matis, P. : Medizinische 20 (1952) 5

38) Smith, L.A., Allen, E.V.: Arch. Surg. 14 (1940) 1366
Craig, W. Mck.

39) Strombeck : (zit. nach Lungmuß), Med. Mschr. 6, (1956) 38, und zit. nach Kronberger, L. Die Medizinische, 4, 1959

40) Virchow, R. : Beitr. exp. Path. Physiol. 2, (1846) 1

41) Windus, H. und Mertens, H.G. : "Oszillographische Funktionsprüfungen der Arterien bei peripheren Durchblutungsstörungen", Dtsch. Med. Wschr. 60 /1953

42) Wright, H.P., Osborne, S.B. Edmonds, D.G. : Lancet 260 (1951) 22

43) Walters, W., Lewis, D. : Practice of Surgery, Volume XII, Chapter 5C, Disease of peripheral arterial Circulation

Es ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis, Herrn Dozent Dr. J. Dortenmann für die Überlassung des Themas und für die Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen, sowie die Beratung bei der Abfassung der Dissertation an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen.

Lebenslauf

Am 15. Dezember 1934 wurde ich in Stuttgart-Bad Cannstatt als Sohn des Oberstudiendirektors Gustav Rau und seiner Frau Martha, geb. Rohleder, geboren. Mein Vater verstarb im Sommer 1942.

Von 1941 bis 1945 besuchte ich die Grundschule in Ebingen und von 1945 bis zur Reifeprüfung 1954 das dortige Gymnasium. Im Sommersemester 1954 begann ich das Medizinstudium in Tübingen und bestand im Herbst 1956 das Physikum. Mit Ausnahme des zweiten klinischen Semesters, das ich in Freiburg verbrachte, war ich die restliche Zeit des Studiums in Tübingen, wo ich im Dezember 1959 das medizinische Staatsexamen ablegte.

Anschließend war ich in den Kreiskrankenhäusern Ebingen und Balingen als Medizinalassistent tätig. Im Mai 1962 erhielt ich meine Approbation. Mitte April 1963 verließ ich das Kreiskrankenhaus Ebingen und bin seitdem als Verwalter einer Assistentenstelle an der Chirurgischen Universitätsklinik Tübingen.